DIE GEZEITEN DES INDISCHEN OZEANS

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DES DOKTORGRADES

GENEHMIGT VON DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT

DER FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT

ZU BERLIN

VON

GUNTRAM PRÜFER

AUS HAMBURG

TAG DER MÜNDLICHEN PRÜFUNG: 8. FEBRUAR 1939

TAG DER PROMOTION: 15. OKTOBER 1939

E. S. MITTLER & SOHN, BERLIN SW 68

DIESE ABHANDLUNG ERSCHEINT UNTER DEMSELBEN TITEL IN DEN VERÖFFENTLICHUNGEN DES INSTITUTS FÜR MEERESKUNDE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN, NEUE FOLGE, GEOGRAPHISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE REIHE, HEFT 37

N 63

*48618.

REFERENTEN:

PROF. DR. DEFANT

PROF. DR. BARTELS

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

GEDRUCKT BEI
ERNST SIEGFRIED MITTLER UND SOHN, BUCHDRUCKEREI, BERLIN SW 68, KOCHSTRASSE 68—71

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung: Die bisherigen Darstellungen der Gezeiten im Indischen Ozean und die Notwendigkeit einer Neubearbeitung 5

A. Grundlagen für die Neubearbeitung der Beobachtungen 15

1. Das Beobachtungsmaterial 15
2. Theoretische Grundlagen 16
   1. T_f in schmalen Kanälen nach der Merian-Formel 19
   2. Die Gezeit in EW-Kanälen nach Airy 21
   3. Die Randmeere und der Mozambique-Kanal 26
   4. Zusammenfügung der Ergebnisse aus den theoretischen Erwägungen 29

B. Die Gezeiten nach den Beobachtungen 32

1. Die halbtägigen Gezeiten 32
2. Die ganztägigen Gezeiten 36
3. Der Typus der Gezeit 37

Schluß: Vergleich der Ergebnisse mit denen von Harris und v. Sterneck und Zusammenfassung 38

teilchen des betrachteten Gebietes sich in Phase zur Gezeitenkraft befinden. Damit ist die Gezeit für das betreffende Schwingungsgebiet gegeben. Was aber den Einfluß der Rotationskraft der Erde anlangt, so glaubt Harris, diese vernachlässigen zu dürfen, „da die Wege der Teilchen praktisch fixiert und durch die Grenzbedingungen bestimmt sind“[5]). Die Hauptaufgabe sieht Harris mithin darin, aus den gegebenen Meeren passende Schwingungsgebiete herauszuschneiden, da die dominierenden Gezeiten der Gebiete für das schließliche Bild der Gezeit in diesem Meer maßgebend sind.

Im Indischen Ozean findet H a r r i s folgende Schwingungsgebiete:

F ü r d i e h a l b t ä g i g e G e z e i t (vgl. Abb. 1 und 2):

1. Das Nordindische System besteht aus zwei Gebieten. Das eine beginnt an der NW-Küste Australiens und reicht bis zur Küste von Somali und Belutschistan. Seine Länge entspricht einer vollen Wellenlänge λ; es

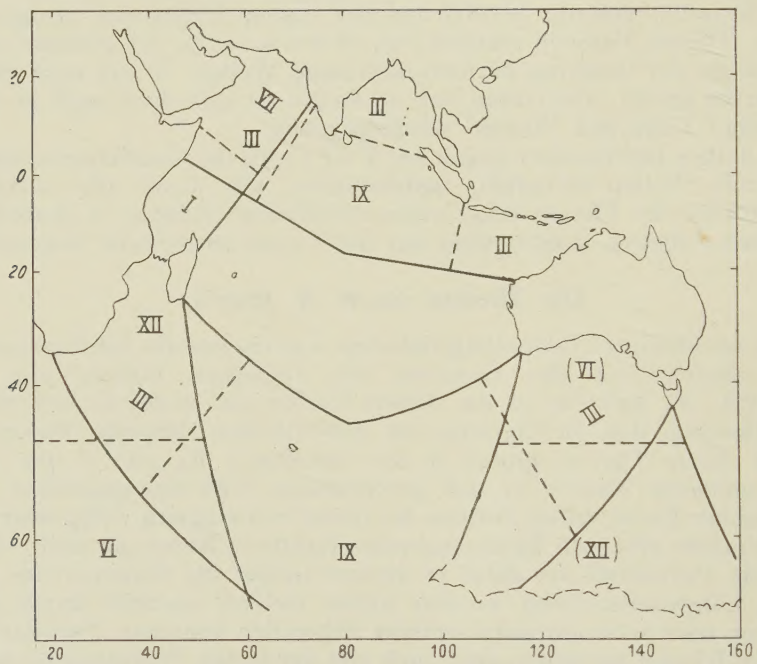

Abb. 1. Harris: Schwingungsgebiete der halbtägigen Gezeit.
Die gestrichelten Linien sind die Knotenlinien.

wird durch zwei — grob gesprochen — fast meridional verlaufende Knotenlinien unterteilt. In den äußeren Bezirken ist die Phase 3^h und im mittleren 9^h (Mondstunden). Das zweite ist das Gebiet des Golfes von Bengalen, das sich vom ersten durch eine Knotenlinie abspaltet; seine Phasenzeit ist 3^h.

2. Ein Teil des Südatlantischen Systems erstreckt sich von der Antarktis bis zur S-Küste Madagaskars. Es setzt sich von dort bis zur Küste Belutschistans fort. Beide haben für sich eine Länge, die einer halben Wellenlänge entspricht. Die Phasen sind an den äußeren Enden, also im N und S

[5]) R. A. H a r r i s l. c. IV a, S. 624.

des Systems, 6^h bzw. 7^h, während die bei Madagaskar zusammenstoßenden Teile 12^h bzw. 1^h haben.

3. Der Hauptteil des Südindischen Systems erstreckt sich von der S-Küste Australiens in zunächst südwestlicher Richtung bis zur Antarktis und von dort in nordwestlicher Richtung bis zur S-Küste von Afrika und Madagaskar. Beide Gebiete entsprechen zusammen etwa einer ganzen Wellenlänge der Mondtide. Die Phasen sind bei Afrika und Australien 3^h, in der Mitte 9^h. Die beiden Knotenlinien verlaufen auch hier ungefähr meridional.

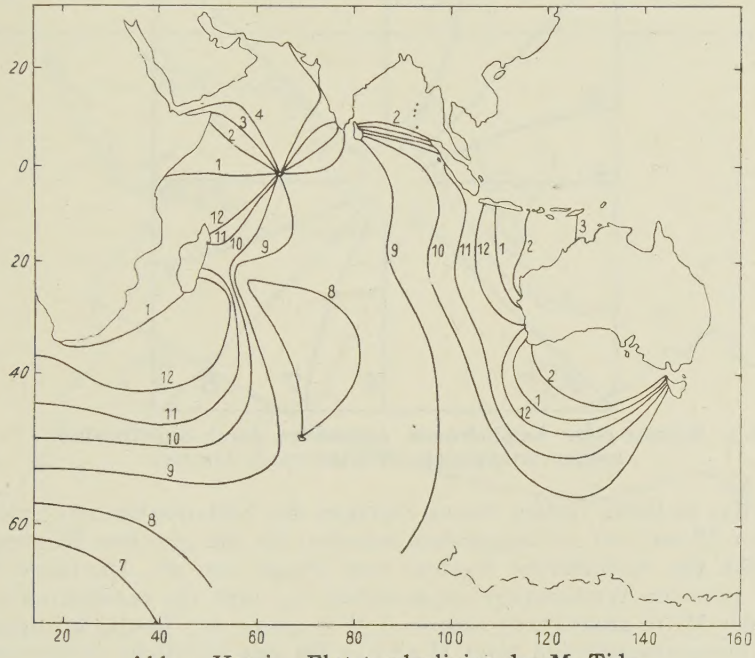

Abb. 2 Harris: Flutstundenlinien der M_2-Tide.

4. Das südaustralische Gebiet reicht von der S-Küste Australiens südwärts bis zur Antarktis mit einer Ausdehnung, die etwa einer halben Wellenlänge entspricht. Die Phasen sind 6^h bei Australien und 12^h auf der anderen Seite.

Die Knotenlinien des nördlichen und südlichen Systems stimmen in ihren geographischen Längen ungefähr überein, und auch die Phasen der entsprechenden Gebiete sind die gleichen. Hiervon wird noch später die Rede sein.

H a r r i s vergleicht diesen Befund mit den Phasen und Amplituden der M_2-Tide seiner Sammlung harmonischer Konstanten, von denen bei ihm für jede Tide 71 auf den Indischen Ozean entfallen. Dabei gelangt H a r r i s zu folgenden Ergebnissen:

Im nördlichen System ist die östliche Knotenlinie durch eine sich in die Timor-See bewegende (und durch diese hervorgerufene) fortschreitende Welle verwischt[6]). Die den Golf von Bengalen abriegelnde Knotenlinie

[6]) Denn nach einem Satz von Harris entstehen fortschreitende Wellen dann, wenn zwei Gebiete ungleicher Phase — hier Indischer und Pazifischer Ozean — durch eine Straße miteinander verbunden sind. L. C. IV b.

einflussung des mittleren gezeitenfreien Teiles zulassen, der zwischen zwei fast parallel angeordneten und in gleicher Phase schwingenden Gebieten liegt. Denn es fällt auf, daß die Knotenlinien des Nord- und des Südindischen Systems in ihren Verlängerungen jeweils nahezu ineinander übergehen. Und es liegt nahe, zu vermuten, daß sie den mittleren Teil zu einer gleichen Schwingung mit zwei Knotenlinien anregen werden.

Die Idee von R. v. Sterneck.

1920 ist die Arbeit von R. von Sterneck[9]) über die Gezeiten des Indischen Ozeans im Rahmen einer Darstellung der Gezeiten aller Ozeane erschienen. v. Sternecks Gedanke ist zunächst rein formaler Natur. Er besteht in der Zerlegung einer an einem Ort beobachteten Schwingung in zwei stehende Wellen vorgegebener Phase, was bekanntlich auf unendlich viele Arten möglich ist. Es sei in einem bestimmten Punkte eine zeitliche Schwankung des Wasserstandes $\zeta = A \cos(\sigma t - \varepsilon)$ vorhanden. Eine solche Cosinusschwingung ist immer gegeben, wenn man nur eine Partialtide betrachtet. Es läßt sich nun diese in zwei Schwingungen von gleicher Periode, aber beliebigen vorgegebenen Epochen zerlegen. Die Wahl der Epochen fixiert die Amplituden der partikulären Schwingungen. Sei also $\zeta = \zeta' + \zeta''$, dann finden wir mit

$$\zeta' = A' \cos(\sigma t - \varepsilon') \quad \text{und} \quad \zeta'' = A'' \cos(\sigma t - \varepsilon'')$$

$$A' = A \frac{\sin(\varepsilon - \varepsilon'')}{\sin(\varepsilon' - \varepsilon'')} \quad ; \quad A'' = A \frac{\sin(\varepsilon - \varepsilon')}{\sin(\varepsilon'' - \varepsilon')}.$$

Wählt man insbesondere $\varepsilon'' = \varepsilon' + 90°$ — setzt man also orthogonale Schwingungen voraus —, so findet man $A'^2 + A''^2 = A^2$. Führt man diese Zerlegung an jedem Punkte, für den Gezeitenbeobachtungen existieren, durch, so hat man für den ganzen Ozean das beobachtete Gezeitensystem in zwei Systeme synchroner, stehender Schwingungen zerlegt. Das eine System synchroner Schwingungen mit der Amplitude A' bildet stehende Wellen für sich mit der Epoche ε'. Die Stellen, an denen $A' = 0$ ist, sind die Knotenlinien dieses Systems. Das eine Gebiet $[A' > 0]$ hat die Epoche ε', das andere $[A' < 0]$ die Epoche $\varepsilon' + 180°$. Ähnliches gilt für das System synchroner Schwingungen mit der Amplitude A''. Auch hier werden die Stellen $A'' = 0$ auf Knotenlinien einer stehenden Welle mit der Epoche ε'' liegen und die Gebiete mit der Epoche ε'' von den Gebieten mit den Epochen $\varepsilon'' + 180°$ scheiden. Fernerhin kann längs einer Knotenlinie des Systems A' nur die Epoche ε'' oder $\varepsilon'' + 180°$ existieren und längs einer Knotenlinie des Systems A'' nur die Epoche ε' oder $\varepsilon' + 180°$. Schneiden sich zwei Knotenlinien der beiden orthogonalen Systeme, so wird längs der Knotenlinie des Systems A'' auf der einen Seite vom Schnittpunkt die Epoche ε', auf der anderen Seite $\varepsilon' + 180°$ sein. Denn die kreuzende Knotenlinie des Systems A' scheidet ja das Gebiet positiver A' von dem negativer A'. Ebenso wird längs dieser Knotenlinie des Systems A' auf der einen Seite des Schnittpunkts die Epoche ε'', auf der anderen $\varepsilon'' + 180°$ herrschen. Da aber $\varepsilon'' = \varepsilon' + 90°$ gesetzt ist, so existieren längs der vier vom Schnittpunkt ausgehenden Strahlen (Knotenlinien) nacheinander die Epochen ε', $\varepsilon' + 90°$, $\varepsilon' + 180°$, $\varepsilon' + 270°$. Der Schnittpunkt zweier Knotenlinien bildet also immer

[9]) R. v. Sterneck, Die Gezeiten der Ozeane I u. II, Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. Wien, Math. nat. Kl., 129. Bd., 2. Heft, und 130. Bd., 7. und 8. Heft, Wien 1920 und 1921.

eine Amphidromie (wie bei Harris), wobei der Drehsinn der Amphidromie allein von der Anordnung der Phasen der beiden Schwingungssysteme bedingt wird.

Diese Zerlegungstheorie von v. Sterneck ist zwar lediglich eine formal mathematische Methode zur Behandlung der Beobachtung, sie entbehrt aber nicht völlig eines physikalischen Sinnes. Der physikalische Sinn ist der, daß, wie v. Sterneck bemerkt[10]), seine Methode eine graphische Ermittlung zweier partikulärer Integrale der die freien Schwingungen im Ozean charakterisierenden Differentialgleichung $\ddot{\zeta} = c^2 \Delta \zeta$ mit der Randbedingung $\frac{\partial \zeta}{\partial \nu} = 0$

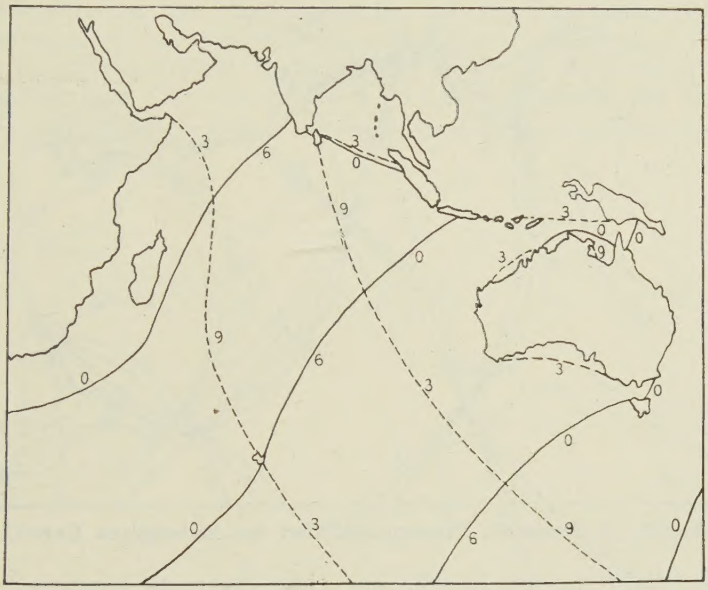

Abb. 5. v. Sterneck: Schwingungssysteme der halbtägigen Gezeit.

darstellt. (Hierbei ist es nicht notwendig, daß die beiden Komponenten jede für sich die Randbedingungen befriedigen. Sie sind daher nicht als selbständige Schwingung, sondern nur in ihrer Verbindung möglich.) Die v. Sterneckssche Methode wird aber noch folgender physikalischen Tatsache gerecht: Die Form der Schwingungsgleichung, wie sie oben genannt worden ist, berücksichtigt nicht die Rotationskraft der Erde und die Variabilität der Tiefe. Infolge der Energieverluste durch Reibung, namentlich in den Gebieten der Schelfe und der Antarktis, und infolge der Rotationskraft der Erde werden die Gezeiten nicht den Charakter einer stehenden Welle haben. Sie lassen sich dann aber an jedem Ort immer darstellen als eine Überlagerung zweier orthogonaler Systeme von stehenden Wellen[11]). Denn jede fortschreitende Welle läßt sich durch Superposition zweier stehender Wellen konstruieren, von denen zwar jede den Grenzbedingungen nicht zu genügen braucht, beide zusammen aber genügen müssen.

Für die Bearbeitung der halbtägigen Gezeit des Indischen Ozeans hat v. Sterneck das in den Gezeitentafeln gesammelte Material an

[10]) R. v. Sterneck, Zerlegungs- und Kanaltheorie der Gezeiten, Zeitschr. f. Geophysik, Jahrg. 2, Heft 8.

[11]) Defant, Dynamische Ozeanographie, Berlin 1929, S. 209.

Hafenzeiten und Amplituden benutzt. Diese stützen sich außer auf die damals nur geringe Zahl harmonischer Konstanten auch auf die gewöhnlichen Hafenkonstanten, die zumeist im Interesse der Seefahrt gewonnen worden sind. Dadurch ist zwar das Material erweitert, aber durch die Unsicherheit der Hafenzeiten an manchen Stellen entsprechend verschlechtert worden. Stark streuende Werte hat v. Sterneck daher mitunter gemittelt oder, wenn sie nicht paßten, entfernt.

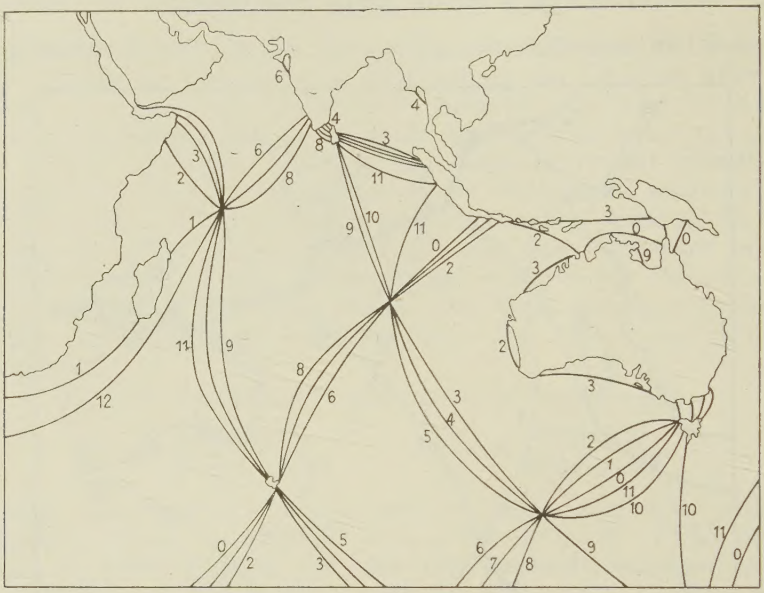

Abb. 6. v. Sterneck: Flutstundenlinien der halbtägigen Gezeit.

Da die Wahl für die Epoche des einen Systems synchroner Schwingungen durchaus freisteht, so setzt v. Sterneck willkürlich $\varepsilon' = 0°$, in Hafenzeit 0^h (Mondstunden), und ε'' somit 3^h. Damit hat die Zerlegung die Form

$$\zeta = A' \cos\frac{2\pi}{12}t + A'' \cos\frac{2\pi}{12}(t-3), \text{ mit } A' = A\cos\frac{2\pi}{12}H, A'' = A\cos\frac{2\pi}{12}(H-3).$$

Aus den in dieser Art zerlegten Beobachtungen findet v. Sterneck die Knotenlinien seiner Schwingungssysteme (Abb. 5), und zwar zunächst nur die Stellen, an denen an den Küsten A' bzw. $A'' = 0$ sein müssen. Ihre freie Verbindung über den Ozean bleibt willkürlich und somit auch der Phantasie ein weiter Spielraum frei. Liegen die Knotenlinien einmal fest, so kann man daraus ohne Schwierigkeiten eine vollständige Isorhachienkarte (Abb. 6) entwerfen. v. Sterneck findet auf diese Weise vier Amphidromien für das indische Gebiet. Zunächst ist festzustellen, daß die nordwestliche Amphidromie mit der von Harris übereinstimmt. Das Gebiet nördlich der nordöstlichen Amphidromie deckt sich weiterhin mit der Darstellung von Harris noch ziemlich, hingegen weichen die Bilder südlich hiervon wesentlich voneinander ab. Es fällt auf, daß fast alle Amphidromien durch je drei dicht nebeneinanderlaufende Flutstundenlinien verbunden sind, ein Umstand, durch den v. Sterneck die längs vieler Gebiete zu beobachtende Homochronie erklären wollte. Durch diese rein willkürliche Darstellungsweise der interpolierten Flutstundenlinien in dem gegebenen System der Knotenlinien

werden im wesentlichen fortschreitende Wellen ausgeschlossen, so daß große Gebiete entstehen, in welchen die Hafenzeiten um höchstens eine Stunde variieren.

Für die Bearbeitung der ganztägigen Gezeit benutzt v. Sterneck die gleiche Methode. Entsprechend der 24stündigen Periode wählt er jetzt $\varepsilon' = 0^h$ und $\varepsilon'' = 6^h$. Er muß sich hierbei natürlich nur auf die wenigen Werte der harmonischen Analyse beschränken und fixiert die Flutstunde H_1 der ganztägigen Welle durch die Gleichung $H_1 = \frac{K_1^0 + O_1^0}{30} - \lambda$ (λ gegen E positiv in bezug auf Greenwich und in Zeitmaß). Hierin sind K_1° und O_1° die Phasenkonstanten der Partialtiden K_1 und O_1. Die harmonischen Konstanten entnimmt v. Sterneck der von Harris gegebenen Tabelle, benutzt also die gleiche Anzahl von Stationen wie dieser. In gleicher Weise wie bei den halbtägigen Gezeiten findet v. Sterneck auch hier die Knoten-

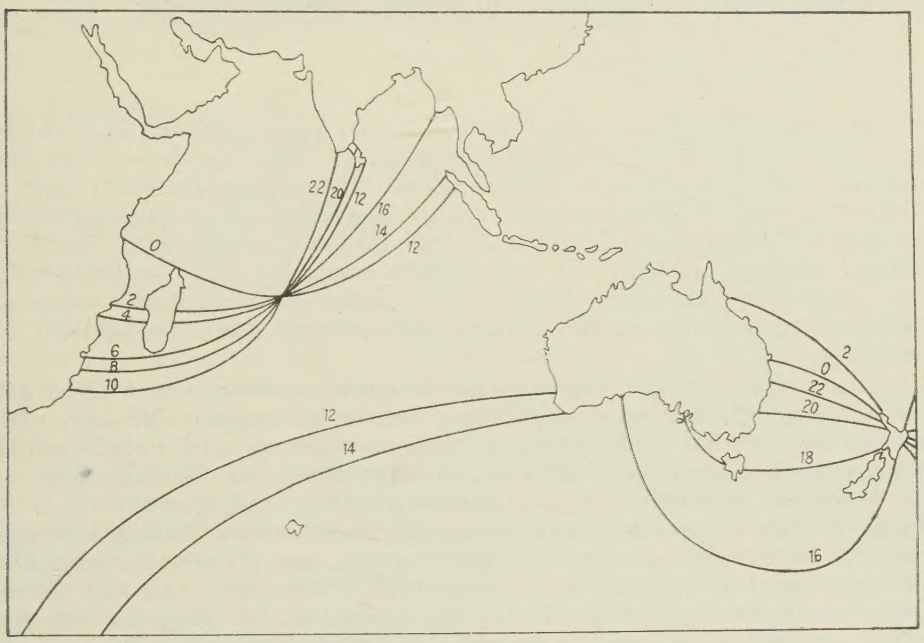

Abb. 7. v. Sterneck: Flutstundenlinien der ganztägigen Gezeit.

linien, die zu einer fast den ganzen Ozean beherrschenden linksdrehenden Amphidromie auf etwa 15° südlicher Breite führen (vgl. Abb. 7). Im Süden sind lediglich zwei Flutstundenlinien verzeichnet, die von der SW-Ecke Australiens nördlich an den Kerguelen vorbei zur Antarktis führen, so daß es den Anschein hat, als sei das ganze die Antarktis umkreisende Südmeer — ähnlich wie bei Harris — ohne eigentliche Gezeit.

Man kann nicht sagen, daß die Karte von v. Sterneck, was die halbtägige Gezeit anlangt, wie er behauptet, eine wesentliche Vereinfachung gegenüber jener von Harris bedeutet, wenn sie auch auf theoretisch richtigeren Grundlagen beruht. Seine Zusammenfassung von jeweils drei Isorhachien erscheint ziemlich unnatürlich und willkürlich. Sie paßt auch nicht in das Bild einer stehenden Schwingung. Denn zur Kennzeichnung einer Art uneigentlichen Knotenlinie gehört bei der Halbtagsgezeit bekannt-

lich eine Zusammenscharung von sechs Flutstundenlinien. Diese Forderung wird nicht einmal vor der Mündung des Golfes von Bengalen erfüllt. Auch die aus v. Sternecks Theorie folgende Behauptung[12]), daß bei mehreren aufeinanderfolgenden Amphidromien ihr Drehsinn sich alternierend ändert, bedarf einer Nachprüfung.

So brauchbar v. Sternecks Methode zur Zeichnung von Isorhachien für jene Gebiete ist, in denen Beobachtungen in hinreichender Anzahl vorhanden sind, muß sie bedenklich stimmen, wenn nur auf Grund von Küstenwerten ohne weiteres die Linien quer über den ganzen Ozean gezogen werden. Hier ist der Phantasie viel Spielraum gelassen. Sind zudem noch zahlreiche Beobachtungen unsicher, so können die mitunter mit Hilfe solcher Beobachtungen über den Ozean geführten Isorhachien um so mehr einer physikalischen Realität entbehren. Die v. Sterneckssche Arbeit läßt völlig eine Untersuchung vermissen, welche Schwingungen in den gegebenen Meeren überhaupt physikalisch möglich sind und sich einstellen können.

Die von Harris und später von v. Sterneck gegebenen Darstellungen der Gezeiten im Indischen Ozean sind wohl als erste Versuche einer Darstellung ozeanischer Gezeiten auf Grund der vorhandenen Beobachtungen zu werten. Nicht alle Ergebnisse halten einer kritischen Prüfung stand, zumindest erheben sich an manchen Punkten Zweifel, ob die Darstellung so der Wirklichkeit entsprechen kann. Es war deshalb angezeigt, eine Neubearbeitung der Gezeiten des Indischen Ozeans vorzunehmen, nachdem insbesondere das Beobachtungsmaterial in den letzten Jahrzehnten ganz beträchtlich angewachsen ist.

In der vorliegenden Arbeit ist der Versuch unternommen worden, eine Darstellung der Gezeiten des Indischen Ozeans zu erzielen, die, sich völlig auf alle erreichbaren Beobachtungen stützend, nicht nur diesen allein genügt, sondern auch, soweit es möglich ist, den physikalischen Bedingungen, wie sie durch die Konfiguration des Ozeans gegeben sind, gerecht wird. Zu diesem Zweck soll aus den Ergebnissen der theoretischen Gezeitenforschung alles das an Erwägungen herangezogen werden, was für eine korrekte Darstellung der Flutstundenlinien berücksichtigt werden muß, und was auf den Indischen Ozean als schwingendes Gebiet anwendbar ist. Diese Erwägungen sollen uns zeigen, in welcher Art und Weise Schwingungen der Wassermassen bestimmter Periode im gegebenen Meeresraum überhaupt auftreten und sich entwickeln können. Ergeben physikalisch-theoretische Erwägungen mit den Beobachtungen ein zusammenpassendes Bild, so wird die auf Grund beider entworfene Darstellung der Gezeiten dieses Meeres eine viel größere Wahrscheinlichkeit der Realität besitzen, als es bei den früheren Arbeiten der Fall war.

---

[12]) v. Sterneck, a. a. O., I. Mitteilung, S. 9.

A. Grundlagen für die Neubearbeitung der Beobachtungen.

1. Das Beobachtungsmaterial.

Unter „Beobachtungen" werden die harmonischen Konstanten verstanden, welche durch die harmonische Analyse einer hinreichend langen Beobachtungsreihe von Wasserstandsschwankungen an einem Orte ermittelt werden.

Für die vorliegende Untersuchung sind die harmonischen Konstanten der sieben wichtigsten Tiden zur Benutzung gelangt. Es sind dies:

		Winkelgeschwindigkeit Grad pro Stunde
halbtägige	Mondflut	M_2 28.984°
„	Sonnenflut	S_2 30.000
„	elliptische (größere) Mondflut	N_2 28.440
„	Mondsonnenflut	K_2 30.082
eintägige	Mondsonnenflut	K_1 15.041
„	Mondflut	O_1 13.943
„	Sonnenflut	P_1 14.959

Die Beobachtungsdaten sind der vom Bureau Hydrografique International in Monaco vorgenommenen ausgezeichneten Sammlung[13]) harmonischer Konstanten der Gezeiten aller Meere entnommen worden. Diese Sammlung enthält alles, was an harmonischen Konstanten bisher zur Veröffentlichung gelangt ist. Den 71 von Harris und v. Sterneck benutzten Konstanten stehen nunmehr 122 für jede Partialtide gegenüber, wobei diejenigen nicht mitgerechnet worden sind, die bei der Durchsicht des Materials aus irgendwelchen Gründen gestrichen worden sind. Zu diesen gehören die Beobachtungen, die in Flüssen und Flußmündungen liegen und deshalb für die vorliegende Arbeit unberücksichtigt bleiben mußten, dann auch die, welche in das Gebiet des für sich ziemlich abgeschlossenen Golfes von Pegu (den die Andamanen und Nikobaren vom Bengalischen Golf abtrennen) fallen. Auch solche Stationen, die bei der Betrachtung der Flutstundenlinien in den Randgebieten des Pazifischen und des Atlantischen Ozeans noch notwendig gewesen sind und nicht dem Indischen Ozean zugehören, sind in diese Zahl nicht einbegriffen.

Das in den Publications Spéciales No. 26 veröffentlichte Material enthält alle wichtigen Angaben, die für eine kritische Beurteilung notwendig sind, wie Dauer und Zeit der Beobachtungen, Art und Standort des Pegels, das Institut, in welchem die Beobachtungen analysiert worden sind, die Quelle der Veröffentlichungen sowie schließlich die Amplituden in Feet und Zentimetern und die Phasenkonstanten, die auf den Ortsmeridian bezogen sind ($\varkappa$-Werte), sowie die, welche auf Zonenzeit bezogen sind (g-Werte). Ein Vergleich zwischen den Angaben in Zentimetern und in Feet und ein Vergleich

[13]) Bureau Hydrogr. Int., Marées, Liste de Constantes harmoniques, Publication Spéciale No. 26, Monaco 1931 u. f.

der $\varkappa$- mit den g-Werten ist zur Information über etwaige Druckfehler im Material geeignet gewesen.

Das gesamte für den Indischen Ozean in Betracht kommende Material ist in Tabelle I (siehe am Schluß der Arbeit) zusammengefaßt worden, worin ε die auf Greenwich reduzierten $\varkappa$-Zahlen und A die Amplituden in Zentimetern bedeuten. Die Tabelle ist so angelegt worden, daß das Verzeichnis der Beobachtungsstationen im Nordosten Afrikas, bei Djibouti, beginnt und dann die Küsten des Indischen Ozeans entgegengesetzt dem Sinne des Uhrzeigers durchläuft. Die Stationen sind dabei mit laufenden Nummern versehen, vgl. Tabelle I und Tafel I, welche als Übersichtskarte nur die Beobachtungsorte mit ihrer Nummer enthält. Tabelle I enthält fernerhin die Quelle und die Nummer desjenigen Blattes der Monaco-Veröffentlichungen, in welchem die fraglichen Stationen verzeichnet sind. Die ε-Zahlen und die Amplituden der sieben Haupttiden sind in Karten eingetragen worden, die von Groll[14]) in Lamberts flächentreuer Azimutalprojektion für den Indischen Ozean entworfen worden sind.

2. Theoretische Grundlagen.

Der Indische Ozean ist ein Meer mächtiger Ausdehnung, das wir uns in zwei Gebiete gegliedert denken können:

1. Eine weite offene Bucht. Diese reicht nach Norden im Arabischen Meer und im Golf von Bengalen bis zum Wendekreis des Krebses. Der dreieckige Zipfel Vorderindiens einschließlich Ceylons schiebt sich bis etwa 6° N nach Süden hinein. Nach Süden erstreckt sie sich bis 40° S, wenn man sich die S-Spitzen Afrikas und Australiens durch eine Orthodrome verbunden denkt. Im Westen wird sie von der E-Küste Afrikas, im Osten durch die austral-asiatische Inselkette und die W-Küste Australiens mit der dazwischenliegenden Timorsee begrenzt.

2. Jener Teil des Südmeeres, der im Süden durch die Antarktis in der Breite des Südpolarkreises, im Westen durch den 20. und im Osten durch den 145. Meridian östlicher Länge eingeschlossen wird. Dieser Teil läßt somit nach dem Atlantischen Ozean eine Öffnung von etwa 35 Breitengraden und nach dem Pazifischen Ozean eine solche von etwa 25 Breitengraden frei.

In diesen Wassermassen wird sich ein ganz bestimmtes System von Schwingungen ausbilden. Die Schwingung an jedem Ort kann man stets als Superposition einer Anzahl „Partialtiden" besonderer Art auffassen. Betrachten wir immer nur eine Partialtide und verstehen wir auch immer unter Schwingung eine solche, dann können von einer Schwingung der Wassermassen nur die Phasen und Amplituden an den Beobachtungsorten als bekannt angenommen werden. Beide verteilen sich unregelmäßig längs der Küsten und auf die wenigen Inseln. Leider sind viele Inseln, deren Lage für die Konstruktion des Schwingungsbildes günstig wäre — wie die Crozetinseln, die Inseln Neu-Amsterdam und St. Paul, die Kokosinseln, die Inseln des Chagos-Archipels —, bisher ohne Beobachtungen. Auch die Küste der Antarktis westlich vom Mary-Land ist ohne jeden Anhaltspunkt.

Fragen wir uns, was für Schwingungen in einem Meer der gegebenen Form möglich sind, so müssen wir zunächst Klarheit darüber haben, wie

[14]) Groll, Tiefenkarten der Ozeane, Veröff. d. Inst. f. Meeresk., Neue Folge, Reihe A, Nr. 2, Berlin 1912.

eine solche Schwingung zustande kommt, und durch was sie beeinflußt wird. Die eine Gezeit bewirkenden und beeinflussenden Faktoren sind:

1. Die fluterzeugenden Kräfte.
2. Die Mitwirkung der Schwingungen in den umgebenden Wassermassen bei den breiten Öffnungen zu den angrenzenden Meeren.
3. Die orographische Konfiguration des Meeres selbst.
4. Die ablenkende Kraft der Erdrotation.
5. Die Reibung (diese ist in einem Meer großer Tiefe vielleicht am ehesten noch zu vernachlässigen).

Eine theoretische Berechnung der Schwingungen eines so großen und vielgestaltigen Meeres, wie es der Indische Ozean ist, aus den Differentialgleichungen, welche allen diesen Faktoren gerecht werden, ist bis jetzt noch nicht geleistet worden und zur Zeit auch kaum möglich. Die Schwierigkeiten sind hauptsächlich mathematischer Natur. Von den bisherigen Versuchen, auf rein theoretischem Wege die Gezeiten eines großen einfach gestalteten Ozeans zu ermitteln, wollen wir in erster Linie auf die Arbeiten von Proudman hinweisen. Proudman hat eine Lösung der entsprechenden Differentialgleichungen gegeben für den Fall eines abgeschlossenen Meeres konstanter Tiefe, das von einem vollständigen Meridian begrenzt wird, also für eine Halbkugel[15]). Goldsbrough hat die Lösung für ein Meer gegeben, das von zwei unter einer Längendifferenz von 60° stehenden Meridianen begrenzt wird. Er hat fernerhin das Problem für ein Meer, das von einem oder zwei Breitenkreisen begrenzt wird, gelöst[16]). Es würde danach der Gedanke naheliegen, den Indischen Ozean durch ein Becken gleichförmiger Tiefe zu ersetzen, das von zwei Meridianen und zwei Parallelkreisen begrenzt wird. Dem steht jedoch entgegen, daß die Begrenzung durch die Meridiane nur teilweise erfüllt ist, daß mehr als 30 Breitengrade der Meridiane „offen" sind. Die Durchführung einer solchen theoretischen Rechnung wäre vielleicht ein wertvoller Beitrag zur Theorie der Gezeiten, sie würde aber kaum die Gezeiten im Indischen Ozean wiedergeben. Es ist zunächst nach dem Stande der Verhältnisse praktischer, abschätzend vorzugehen, und zwar mit möglichst einfachen Mitteln, um sich selbst über den Wert und die Genauigkeit der erzielten Ergebnisse keinen zu großen Hoffnungen hinzugeben.

Wir haben im Indischen Ozean zwei Teilgebiete unterschieden. Geographisch gehören sie zusammen und werden zusammen als Indischer Ozean definiert[17]). Gehen wir jedoch vom Standpunkt der Physik, insbesondere der Gezeitenforschung, an dieses Meer heran, so müssen wir nicht nur die beiden Teile unterscheiden, sondern sie auch trennen. Denn es ist offenbar, daß die „Bucht" im Norden ein Schwingungssystem ostwestlicher Richtung haben wird, welches anders ist als das des südlichen Teiles, dessen Ost-West-Schwingung nur ein Ausschnitt aus dem Schwingungssystem des ganzen Südmeeres ist, das als Wasserring die Antarktis umgibt. Es ist gewiß zu erwarten, daß die Schwingungen beider Teile einander beeinflussen werden, insbesondere kann man ein Mitschwingen der Wassermassen in der nördlichen „Bucht" in nordsüdlicher Richtung mit denen des Südmeerteiles vermuten und erwarten. Wollen wir indessen zunächst erforschen, was für Schwingungen physikalisch Platz haben, so müssen wir die „Bucht" sowohl

[15]) Phil. Trans. Roy. Soc. 1936 und 1937.
[16]) Proc. Lond. Math. Soc. (2) XIV. 31 (1913) und XIV. 207 (1914).
[17]) Krümmel, Handbuch der Ozeanographie, Stuttgart 1911, Bd. I.

wie auch das Südmeer für sich behandeln. Das erste wollen wir tun. Das zweite, eine das ganze Südmeer umfassende Schwingung zu berechnen, würde aber über den Rahmen der vorliegenden Arbeit hinausführen; denn sie würde die Gezeiten des ganzen in sich laufenden Meeresringes um die Antarktis umfassen. Da aber gewiß die Beobachtungen im antarktischen Gebiet zur Festlegung des Schwingungsbildes der nördlichen „Bucht" mitbestimmend sein werden, andererseits aber auch Aufschluß geben können über die Art der Schwingung in dem zum Indischen Ozean gehörenden Teil des Südmeeres und daher vielleicht auch über die Art der Beeinflussung des nördlichen Gebietes durch das südliche, so werden sie bei der Diskussion der Beobachtungen und bei der Konstruktion des Schwingungsbildes selbstverständlich mit herangezogen.

Im folgenden werden einige einfache Betrachtungen angestellt, die wir zur Aufstellung des Gezeitencharakters des Indischen Ozeans als zweckmäßig erachten. Hierbei wollen wir (leider gezwungen) von der Wirkung der ablenkenden Kraft der Erdrotation, von der wir wissen, von welch ausschlaggebender Bedeutung sie für die schließliche Ausbildung der Gezeiten eines großen Meeres ist, absehen. Wir machen also bewußt einen Fehler, aber bei den Folgerungen, die wir aus den gewonnenen Ergebnissen machen, können wir versuchen, diesen Fehler wiedergutzumachen und die Wirkung der Rotationskraft der Erde wenigstens qualitativ in Rechnung zu stellen.

Folgende Rechnungen bzw. Abschätzungen werden durchgeführt:

1. Die Periode der Eigenschwingung eines hinreichend schmalen, etwa in meridionaler Richtung von der N-Küste bis zur Mündung der „Bucht" verlaufenden Kanals wird berechnet. Mit Hinblick auf die Theorie der Gezeiten in kleinen Buchten und Randmeeren[18]) soll versucht werden, aus dem Verhältnis der Periode der freien Schwingung zu der der fluterzeugenden Kraft $T_f : T_k = \nu$ auf eine eventuelle Mitschwingungsgezeit mit der Gezeit im Südmeer zu schließen.

Ferner soll die Periode der Eigenschwingungen in schmalen ostwestlich von Küste zu Küste verlaufenden Kanälen berechnet werden. Diese Rechnung soll nur einen ungefähren Aufschluß darüber geben, was für Schwingungen in ostwestlicher Richtung Platz haben. Die Berechnungen geschehen, der Einfachheit halber, nach der Merianschen Formel für zwei Grenztiefen: 4000 m und 5000 m.

2. Für sehr schmale Kanäle ostwestlicher Richtung, welche die Länge des Indischen Ozeans in bestimmter Breite und die mittlere Tiefe desselben an diesen Stellen besitzen, wird eine darin mögliche Gezeit durchgerechnet. Dies geschieht mit Hilfe der verbesserten dynamischen Kanaltheorie von Airy[19]). Zu diesem Zweck ist die Lösung der für einen begrenzten zonalen Kanal beliebiger geographischer Breite geltenden Differentialgleichungen zu benutzen.

3. Der Anteil der Randmeere und des Kanals von Mozambique an der Gezeit im Indischen Ozean wird nach der für diese geltenden Theorie berechnet bzw. abgeschätzt[20]).

---

[18]) Defant, Untersuchungen über die Gezeitenerscheinungen in Mittel- und Randmeeren, Buchten und Kanälen. Denkschr. d. Akad. d. Wiss. Wien., Bd. 96, Wien 1919.

[19]) Lamb, Hydrodynamik, Leipzig 1931, S. 292 bis 299, und Airy, Tides and Waves, Encyc. Metrop. VI. London 1845.

[20]) Defant, Untersuchungen ... a. a. O.

Es sei noch einmal betont, daß diese Untersuchungen nur Hilfsmittel zur Abschätzung der im Indischen Ozean möglichen Schwingungen sein sollen, aber nicht mehr.

1. T_f **in schmalen Kanälen nach der Merian-Formel.** Für die abzuschätzende Schwingung in NS-Richtung wählen wir zwei Kanäle, den einen von der Küste des Arabischen Meeres bis etwa 40° S, den zweiten von der S-Spitze Indiens ebenfalls bis etwa 40° S (vgl. Abb. 8). Wir wählen zwei

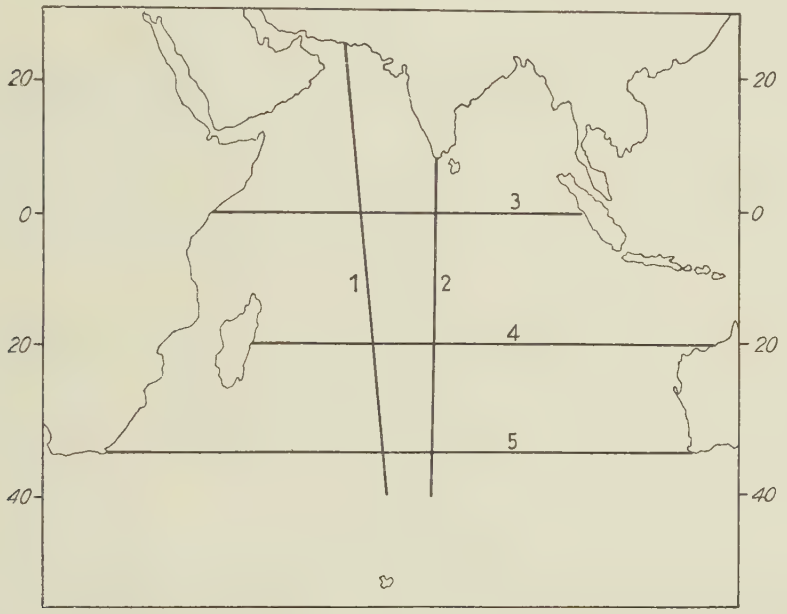

Abb. 8. Lage der Kanäle zu 1. T_f **in schmalen Kanälen nach der Merian-Formel.**

Kanäle aus, weil es ungewiß ist, welche Strecke als Talweg für eine eventuelle Nord-Süd-Schwingung wirksam ist.

Für eine durch die fluterzeugende Kraft erzeugte Ost-West-Schwingung wählen wir Kanäle erstens längs des Äquators von 43° E bis 100° E, zweitens längs des Breitenparallels 20° S von 49° E bis 120° E, drittens von 35° S 25° E bis 35° S 115° E.

Nach der Merianschen Formel errechnen wir in diesen Kanälen die Periode der freien Schwingung T_f in Stunden. Die Perioden der fluterzeugenden Kräfte seien $T_{k_2} = 12.4$ Std. für die halbtägige, $T_{k_1} = 24.8$ Std. für die ganztägige Gezeit. Dann bezeichnen wir das Verhältnis der Periode der freien Schwingung zu jener der fluterzeugenden Kraft entsprechend mit $\nu_2 = T_f : T_{k_2}$ und $\nu_1 = T_f : T_{k_1}$. Die folgende kleine Tabelle gibt die Werte T_f in Stunden und ν_1 wie ν_2 für die beiden Tiefen 4000 m und 5000 m an, zwischen denen die mittlere Tiefe der gewählten Kanäle liegt[21]).

[21]) Vgl. Schott, Tiefenkarte, Geographie des Stillen und Indischen Ozeans, Berlin 1935.

Schwingungsgebiet		Tiefe 4000 m			Tiefe 5000 m		
		T_f in Std.	ν_1	ν_2	T_f in Std.	ν_1	ν_2
Nord-Süd-Schwingung	1. vom Arabischen Golf bis 40° S	20.0	0.8	1.6	18.0	0.7	1.5
	2. von 10° N bis 40° S	15.4	0.6	1.2	14.0	0.6	1.1
Ost-West-Schwingung	3. am Äquator	17.0	0.7	1.4	15.3	0.6	1.2
	4. in 20° S	23.0	0.9	1.9	20.6	0.8	1.7
	5. von 35° S 25° E bis 35° S 115° E	21.8	0.9	1.8	19.7	0.8	1.6

Die Numerierung entspricht jener der in Abb. 8 eingezeichneten Kanäle.

Für solche Verhältnisse, die einer halbtägigen Gezeit in schmalen Kanälen bei Abwesenheit der Erdrotation entsprechen, finden wir bei einem Mitschwingen in meridionaler Richtung mit den Wassermassen des Südmeeres Werte von ν_2, die zwischen 1.1 und 1.6 liegen. Schreibt man diesen Werten eine gewisse Wirklichkeit zu, wobei man sich aller Einschränkungen, die man gemacht hat, bewußt bleiben muß, so kann man im Vergleich mit den Bildern, die Defant für das Mitschwingen der Wassermassen in kleinen Meeresbuchten gegeben hat[22]), eine Knotenlinie etwa in der Höhe des Chagos-Archipels vermuten, wenn man für ν einen ungefähr bei 1.3 liegenden Mittelwert ansetzt.

In den zonalen Kanälen in 20° S und 35° S würde man unter gleicher Voraussetzung Schwingungen antreffen, deren Periode nahezu das Doppelte jener der fluterzeugenden Kraft ist. Es könnte also unter solchen Voraussetzungen möglich sein, daß die Störungskraft eine Welle erzeugt, die fast vollständig zur Ausbildung kommt und zwei Knotenlinien haben müßte, deren Entfernung von den Küsten jeweils etwa $\frac{\lambda}{4}$ betragen würde. Für einen Kanal längs des Äquators ist das Verhältnis ν_2, zwischen 1.2 und 1.4 liegend, für die Ausbildung einer ganzen Welle ungünstig. Mehr Wahrscheinlichkeit ist hier gegeben für eine Schaukelbewegung in ostwestlicher Richtung mit einer Knotenlinie in der Mitte. Eine Durchsicht des Beobachtungsmaterials zeigt nun, daß die Amplituden der halbtägigen Gezeit längs zweier meridionaler Streifen minimale Werte aufzuweisen scheinen, von denen der eine von der SW-Ecke Australiens nach Ceylon hinaufführt, der andere sich aber etwa längs des Meridians von Réunion erstreckt, und daß dazwischen ein ausgedehnter Bereich eines Maximums vorhanden ist. Beide Streifen scheinen nach Norden etwas zusammenzustreben und legen die vorläufig sehr ungewisse Vermutung nahe, daß für den Hauptteil des Ozeans eine Ost-West-Schwingung mit zwei meridional verlaufenden Knotenlinien möglich ist, die sich weiter nach Norden hin wahrscheinlich verwischen werden.

Betrachtet man die Verhältnisse, die einer eintägigen Gezeit — unter allen oben genannten Einschränkungen — entsprechen, so findet man für ein meridionales Mitschwingen der Wassermassen mit dem Südmeer bei einem ν_1 zwischen 0.6 und 0.8 eine Welle mit einer Knotenlinie, die irgendwo in dem Gebiete zwischen 20° S und der Breite des Chagos-Archipels liegen könnte. Setzen wir in diesem Bereich eine Knotenlinie in zonalem Verlauf als möglich an, so müßten die Phasenkonstanten in ihrer

[22]) Defant, Untersuchungen..., a. a. O., oder auch Dyn. Ozeanographie, S. 194.

nordsüdlichen Folge an einer Stelle einen starken Sprung aufweisen. Einen derartig raschen Übergang finden wir auch, wenn wir die E-Küste Madagaskars von Norden nach Süden verfolgen und dazu noch die beiden Beobachtungen auf Réunion und Mauritius in Betracht ziehen. Besonders Tamatave und die beiden letzten, deren Breitenunterschied sehr gering ist, zeigen eine rasche Änderung der Phasen, so daß also ungefähr in dieser Breite eine Art Knotenlinie vorhanden zu sein scheint.

Was die Ost-West-Bewegung anlangt, so stehen die Perioden der freien Schwingung, welche sich in schmalen zonalen Kanälen längs 20° S und 35° S unter den oben bezeichneten Bedingungen erzeugen ließen, wieder nahezu in Resonanz zu denen der Störungskraft, dergestalt, daß eine halbe Welle mit einer Knotenlinie in der Mitte entstehen würde. Aber weiter nordwärts ist der Wert ν_1 für eine Ost-West-Schwingung ungünstig, so daß über den nördlichen Teil nichts ausgesagt werden kann. Forscht man im Beobachtungsmaterial nach, so lassen sich Anhaltspunkte für eine Ost-West-Schwingung kaum erkennen. Was aber auffällt, ist eine Brücke minimaler Amplituden, welche sich von Madagaskar nach Ceylon und bis an die NW-Spitze Sumatras hinzieht. Dies scheint darauf hinzudeuten, daß die möglicherweise vorhandenen nordsüdlichen und ostwestlichen Knotenlinien sich zu einer diagonal verlaufenden Knotenlinie umgestalten. In welcher Weise dies geschehen könnte, wollen wir weiter unten untersuchen.

2. Die Gezeit in Ost-West-Kanälen nach Airy. Es scheint so, als seien Ost-West-Schwingungen in gewissen Bereichen des Indischen Ozeans möglich. Um diese Möglichkeit weiter zu verfolgen und um eine bessere Vorstellung davon zu erhalten, in welcher Weise sich die Flutstundenlinien und die Amplituden in einem ostwestlich verlaufenden Kanal verteilen, werde versucht, die Gezeit in einem solchen mit Hilfe der Kanaltheorie von Airy zu bestimmen. Wir denken uns längs eines Breitenparallels einen Kanal, den wir so schmal wählen wollen, daß die ablenkende Kraft der Erdrotation wenig darin wirksam sein möge. Dann möge in diesem Kanal durch die fluterzeugenden Kräfte eine Gezeit entstehen. Diese Gezeit wollen wir berechnen. Wir sind uns dabei bewußt, daß die Ergebnisse nicht etwa die tatsächlichen Gezeiten im Indischen Ozean darstellen, sondern lediglich Anhaltspunkte dafür geben, wie die Verteilung von Amplituden und Phasen in einem Kanal wäre, der die Ausdehnung des Indischen Ozeans in der betreffenden Breite hätte. Hierzu benutzen wir die von Lamb gegebene Darstellungsweise[23]).

Es bedeuten:

φ die vom Mittelmeridian des Kanals nach E gezählte geographische Länge eines Punktes im Kanal,
2α die Länge des Kanals in Längengraden,
Ω das Potential,
$(nt + \varphi)$ die Zenitdistanz des Mondes,
Θ die Poldistanz des Kanals,

$$f = \frac{3}{2}\gamma\frac{Ma}{D^3},$$

worin
γ die Gravitationskonstante,
M die Masse des Mondes,
a der Erdradius,
D die Entfernung des Mondes vom Erdmittelpunkt,

[23]) Lamb, Lehrbuch der Hydrodynamik, Leipzig 1931, Kap. VIII, Flutwellen.

ξ die Verschiebung in horizontaler Richtung,
n die Winkelgeschwindigkeit des Mondes in Richtung nach W in bezug auf den festen Meridian,
c die Geschwindigkeit, ε die Phase der Welle.

Die Störungskraft in der x-Richtung, welche mit dem Breitenparallel zusammenfalle, ist $X = -\frac{\partial \Omega}{a \sin \Theta \, \partial \varphi} = -f \sin \Theta \sin 2 (nt + \varphi)$.

Die Differentialgleichung, welche sich aus der Bewegungs- und Kontinuitätsgleichung ableitet, ist hier von der Form

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = \frac{c^2}{a^2 \sin^2 \Theta} \cdot \frac{\partial^2 \xi}{\partial \varphi^2} - f \sin \Theta \sin 2 (nt + \varphi)$$

mit den Grenzbedingungen, daß die Verschiebung in horizontaler Richtung $\xi = 0$, wenn $\varphi = \pm \alpha$. Die allgemeine Lösung

$$\xi = P \sin 2 (nt + \varphi) + [A \sin 2 m \varphi + B \cos 2 m \varphi] \sin 2 nt$$

ergibt unter Berücksichtigung der Grenzbedingung:

$$\xi = P \Big[\sin 2 (nt + \varphi) - \frac{1}{4 m \alpha} \{ \sin 2 (nt + \alpha) \sin 2 m (\varphi + \alpha) - \sin 2 (nt - \alpha) \sin 2 m (\varphi - \alpha) \} \Big] ,$$

worin

$$P = \frac{f a^2 \sin^3 \Theta}{4 c^2 (m^2 - 1)} \quad \text{und} \quad m = \frac{a n \sin \Theta}{c}$$

sind.

Die Erhebung über die ungestörte Wasseroberfläche η folgt hieraus mittels der Beziehung

$$\eta = -\frac{h}{a \sin \Theta} \cdot \frac{\partial \xi}{\partial \varphi} ;$$

führt man die Größe $H = \frac{a \cdot f}{g}$ ein, welche gleich ist der Hubhöhe, die aus der Gleichgewichtstheorie folgt, so erhält man

$$\eta = -\frac{H \sin^2 \Theta}{2 (m^2 - 1)} \Big\{ \cos 2 (nt + \varphi) - \frac{m}{\sin 4 m \alpha} [\sin 2 (nt + \alpha) \cos 2 m (\varphi + \alpha) - \sin 2 (nt - \alpha) \cos 2 m (\varphi - \alpha)] \Big\} .$$

Setzt man in diesem Ausdruck $\Theta = 90°$, so geht er in den von Lamb für einen längs des Äquators gegebenen Kanal (vgl. a. a. O. S. 298) über. Bringt man ihn in die Form

$$\eta = -\frac{H \sin^2 \Theta}{2 (m^2 - 1)} \Big\{ \cos 2 nt \Big[\cos 2 \varphi - m \frac{\sin 2 \alpha}{\sin 2 m \alpha} \cos 2 m \varphi \Big] - \sin 2 nt \Big[\sin 2 \varphi - m \frac{\cos 2 \alpha}{\cos 2 m \alpha} \sin 2 m \varphi \Big] \Big\}$$

und setzt darin

$$R_\varphi \cos 2 \varepsilon_\varphi = \cos 2 \varphi - m \frac{\sin 2 \alpha}{\sin 2 m \alpha} \cos 2 m \varphi \quad \text{und}$$

$$R_\varphi \sin 2 \varepsilon_\varphi = \sin 2 \varphi - m \frac{\cos 2 \alpha}{\cos 2 m \alpha} \sin 2 m \varphi ,$$

so wird schließlich

$$\eta = -\frac{H \sin^2 \Theta}{2 (m^2 - 1)} \cdot R_\varphi \cos 2 (nt + \varepsilon_\varphi) ,$$

worin also ε_φ die Phase, bezogen auf die Mitte des Kanals, und $\frac{H \sin^2 \Theta}{2 (m^2 - 1)} R_\varphi$

die Amplitude der Erhebung im Abstande φ von der Kanalmitte bedeuten. Mit Hilfe dieser Beziehung sind Amplitude und Phase, diese auf Greenwich bezogen, längs der Breiten 30° S, 20° S, 5° S, 5° N für die halbtägige und längs 30° S und 5° S für die ganztägige Tide berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle II und III und in den Abb. 9 und 10 aufgezeichnet.

Tabelle II.

Die halbtägige Gezeit.

(M_2)

Ht = Phase in Mondstunden, bezogen auf Greenwich.

φ	30° S		20° S		5° S		5° N	
	Ht	A	Ht	A	Ht	A	Ht	A
W 42°	0.98	0.87	.	.	.	.	.	.
40	0.98	0.84	.	.	.	.	.	.
38	0.97	0.80	.	.	.	.	.	.
36	0.95	0.75	11.83	0.29	.	.	.	.
34	0.94	0.68	.	.	.	.	.	.
32	0.91	0.59	11.70	0.26	0.65	0.29	.	.
30	0.87	0.50	11.59	0.24	0.51	0.26	.	.
28	0.81	0.40	11.46	0.21	0.40	0.24	.	.
26	0.70	0.29	11.27	0.18	0.24	0.21	.	.
24	0.43	0.17	11.01	0.15	0.02	0.18	10.77	0.28
22	11.31	0.07	10.61	0.12	11.72	0.15	10.68	0.29
20	8.33	0.10	10.09	0.09	11.28	0.12	10.58	0.29
18	7.65	0.20	9.26	0.09	10.31	0.11	10.48	0.28
16	7.43	0.31	8.46	0.10	9.84	0.10	10.38	0.27
14	7.33	0.42	7.85	0.11	9.09	0.11	10.27	0.26
12	7.27	0.51	7.43	0.14	8.54	0.13	10.15	0.23
10	7.23	0.60	7.12	0.16	8.16	0.15	10.03	0.20
8	7.21	0.67	6.94	0.18	7.89	0.17	9.87	0.17
6	7.18	0.73	6.78	0.20	7.68	0.19	9.66	0.14
4	7.17	0.77	6.65	0.21	7.52	0.21	9.19	0.10
2	7.15	0.80	6.53	0.22	7.37	0.21	8.60	0.07
0	7.13	0.80	6.42	0.22	7.23	0.22	7.21	0.05
2	7.12	0.80	6.31	0.22	7.10	0.21	5.82	0.07
4	7.10	0.77	6.19	0.21	6.95	0.21	5.13	0.10
6	7.08	0.73	6.05	0.20	6.78	0.19	4.77	0.14
8	7.06	0.67	5.89	0.18	6.58	0.17	4.56	0.17
10	7.03	0.60	5.72	0.16	6.31	0.15	4.40	0.20
12	6.99	0.51	5.40	0.14	5.92	0.13	4.28	0.23
14	6.97	0.42	4.98	0.11	5.37	0.11	4.15	0.26
16	6.84	0.31	4.38	0.10	4.63	0.10	4.05	0.27
18	6.62	0.20	3.58	0.09	3.83	0.11	3.95	0.28
20	5.94	0.10	2.80	0.09	3.19	0.12	3.85	0.29
22	2.96	0.07	2.22	0.12	2.74	0.15	3.74	0.29
24	1.84	0.17	1.82	0.15	2.44	0.18	3.66	0.28
26	1.57	0.29	1.56	0.18	2.23	0.21	.	.
28	1.46	0.40	1.38	0.21	2.07	0.24	.	.
30	1.40	0.50	1.24	0.24	1.94	0.26	.	.
32	1.36	0.59	1.13	0.26	1.82	0.29	.	.
34	1.33	0.68	.	.	.	.	.	.
36	1.31	0.75	1.00	0.29	.	.	.	.
38	1.30	0.80	.	.	.	.	.	.
40	1.29	0.84	.	.	.	.	.	.
E 42	1.28	0.87	.	.	.	.	.	.

Die einer halbtägigen Gezeit entsprechenden Ergebnisse (vgl. Abb. 9) zeigen in 30° S fast den Charakter einer stehenden Schwingung in einem geschlossenen Becken mit zwei gut ausgeprägten Knotenlinien. Auch

die Amplituden zeigen, daß wir uns dort fast einem Resonanzpunkt nähern. Geht man weiter nach Norden, so ziehen sich die Flutstundenlinien an den Stellen, die etwa den Knotenlinien in 30° S entsprechen, auseinander. Dabei rücken sie mehr nach der Mitte, und die Amplituden verflachen. Wir ent-

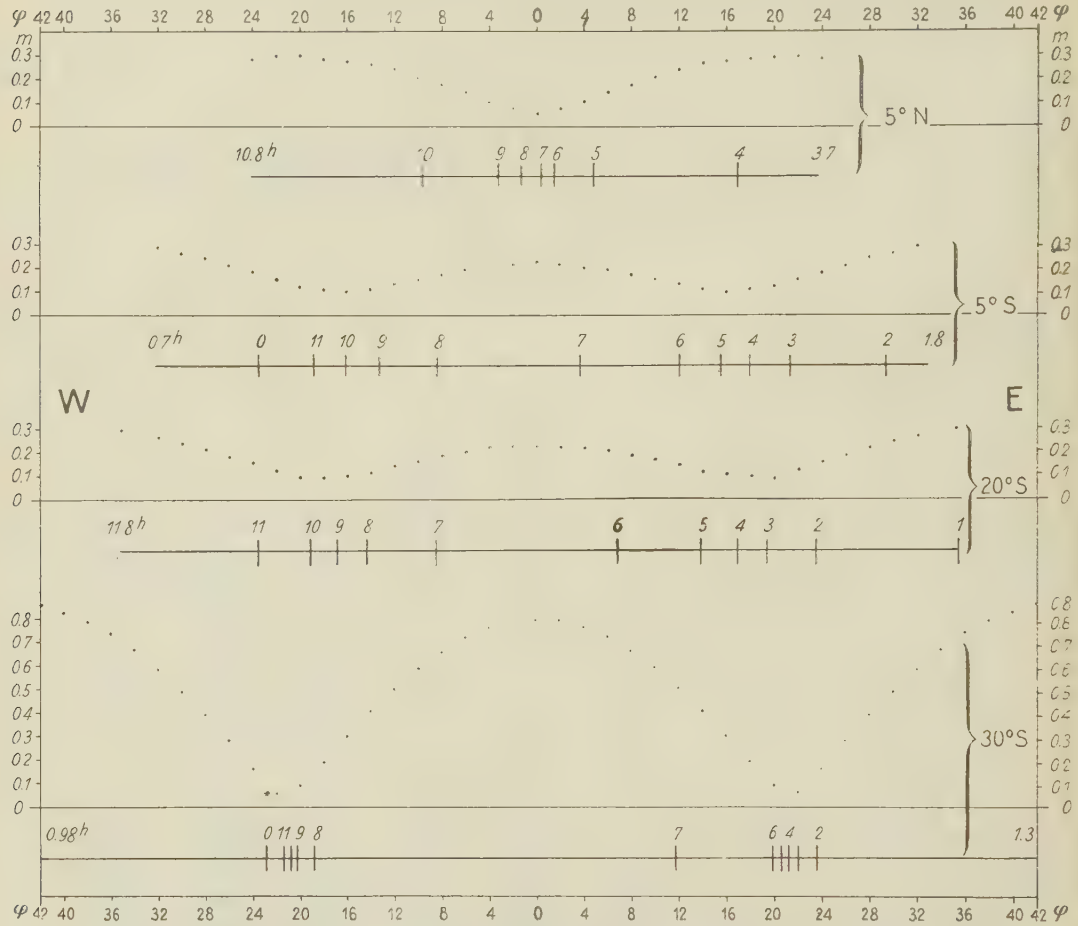

Abb. 9. Amplituden (dem Betrage nach) und Phasen einer halbtägigen Gezeit (M_2) in Ost-West-Kanälen.

fernen uns also von einer Resonanz. In 5° N jedoch ändert sich das Bild völlig. Die Breite des Meeres läßt nur noch eine Knotenlinie in der Mitte zu. Zugleich zeigt die Verteilung der Amplituden, daß wir uns hier wieder allmählich einem Resonanzpunkt für eine einknotige Schwingung nähern. Was die Epoche anlangt, so sei folgende kleine Übersicht zum Vergleich der beobachteten mit den für die Kanäle errechneten Werten gezeigt:

		30° S	20° S	5° S	5° N
An der W-Küste	beobachtet	1.5	10.5	0.8	(0.7) Mondstd.
	errechnet	1.0	11.8	0.7	10.8
An der E-Küste	beobachtet	1.8	2.6	11—12	(0.5—3)
	errechnet	1.3	1.0	1.8	3.7

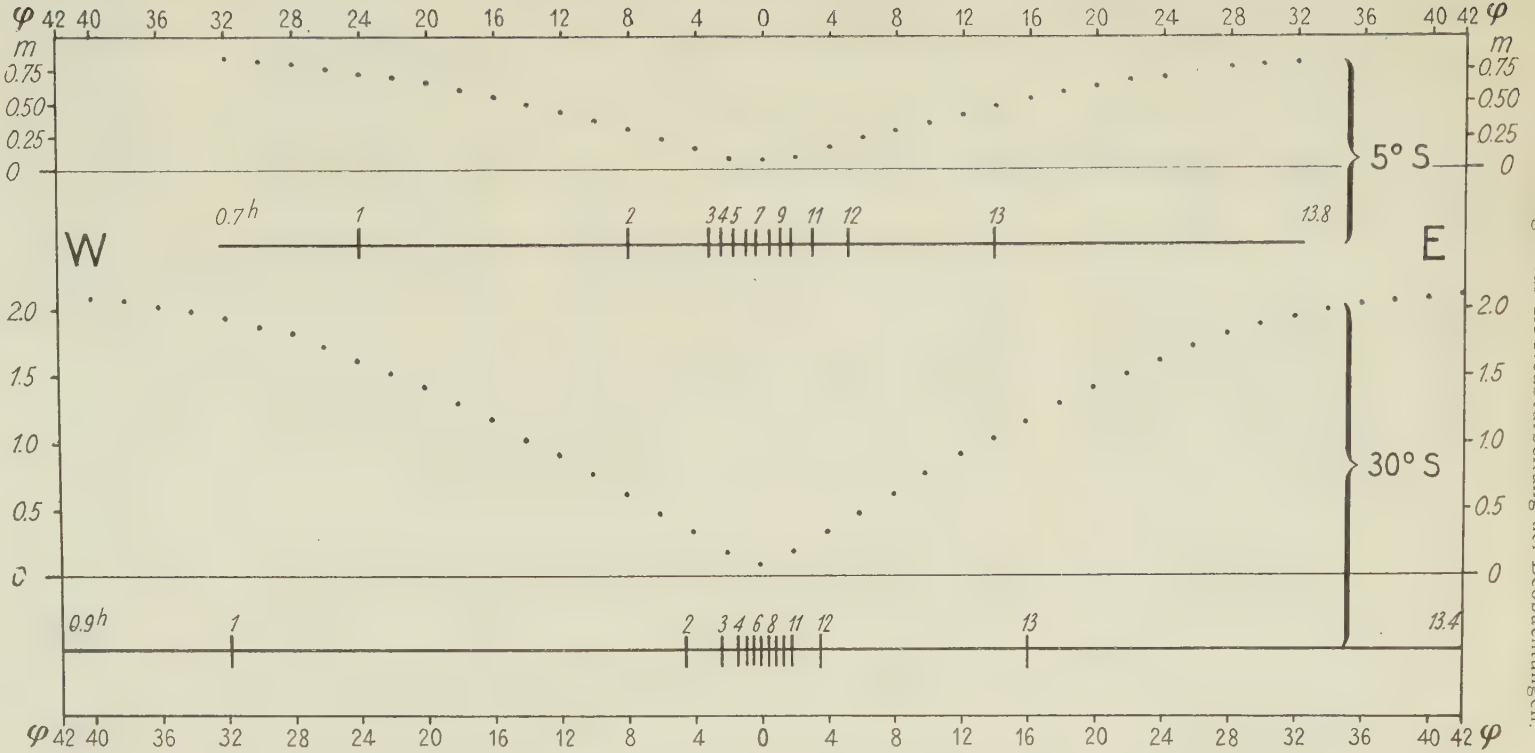

Abb. 10. Amplituden (dem Betrage nach) und Phasen einer eintägigen Gezeit in Ost-West-Kanälen.

Hält man die Phasenzeit der Beobachtung auf Betsy-Cove (Kerguelen) — 7.6 Mondstunden — jener für den Kanal von 30° S in der gleichen Länge ermittelten entgegen — 7.2 Mondstunden —, so kann man sagen, daß die für sehr schmale, abgeschlossene Kanäle berechneten Verhältnisse im südlichen Teile den wirklichen Schwingungserscheinungen nicht sehr entfernt zu sein scheinen. Nördlich des Äquators sind die Unterschiede zwischen Beobachtung und Rechnung beträchtlich. Eine Welle der errechneten Art wird offenbar nicht zustande kommen. Welcher Art die Erscheinung oder die Störung ist, werden wir später erörtern.

Das Ergebnis der Rechnung läßt also die Vermutung zu, daß im Gebiet südlich des Äquators dasjenige System der halbtägigen Gezeit, welches von den ostwestlich wirkenden fluterzeugenden Kräften herrührt, in einer zonalen Schwingung besteht, welche zwei Knotenlinien, die eine auf der E-Seite, die andere auf der W-Seite, als Grundlage haben wird. Wie oben bereits jeweils dargetan, scheint eine Durchsicht des Beobachtungsmaterials diese Annahme zu bestätigen.

Betrachtet man Abb. 10, welche die Ergebnisse der Rechnung darstellt, die einer ganztägigen Gezeit entsprechen (wobei man sich jedoch vor Augen halten muß, daß der auf die Poldistanz des Gestirns entfallende Anteil in der Störungskraft nicht berücksichtigt worden ist, ein Faktor, der aber nur die Amplituden verkleinert, die Form der Welle hingegen nicht verändert hätte), so findet man sowohl bei dem Kanal in 30° S als auch bei jenem in 5° S ein deutlich ausgeprägtes Minimum der Amplituden und eine kräftige Scharung der Flutstundenlinien in der Mitte. Das deutet darauf hin, daß die zonal wirkende Komponente der fluterzeugenden Kraft offenbar eine westöstlich gerichtete Schwingung bewirkt, die eine meridional verlaufende Knotenlinie hat. Vergleicht man die Phasenkonstanten mit denen der Beobachtungen, so findet man allerdings nur eine ungefähre Übereinstimmung auf der E-Seite des für 30° S angesetzten Kanals, indem die Rechnung als Flutstunde hier $13{,}4^h$ angibt, die Beobachtungen zwischen 12^h und 14^h liegen, und auf der W-Seite des Kanals in 5° S, wo dem Wert der Rechnung von 0.7^h ein solcher der Beobachtung von 0^h gegenübersteht. Aber man muß bedenken, daß die Rechnung hier nur die durch die fluterzeugenden Kräfte bewirkte Ost-West-Schwingung betrifft.

3. Die Randmeere und der Mozambique-Kanal. Bevor wir auf die Anwendung der oben dargetanen Grundlagen und Erwägungen eingehen, sei noch erörtert, welchen Einfluß die Randmeere und der Mozambique-Kanal auf die Wasserbewegung im Indischen Ozean haben mögen. Wir betrachten den Golf von Bengalen, das Arabische Meer und den Mozambique-Kanal.

a) Der Golf von Bengalen. Rechnet man die Länge des Golfes von Bengalen von der Gangesmündung bis zur Höhe der SE-Ecke Ceylons zu 1776 km mit einer Mündungstiefe von 4000 m, so ergibt sich aus der Chrystalschen Formel für die Periode der freien Schwingung und für den Fall der halbparabolischen konkaven Beckenform[24])

$$T_s = \frac{2\pi l}{\sqrt{2s(2s+1)gh}}$$

und für $s = 1$: $T_1 = 6.4$ Stunden. Die Halbtagstiden lassen demnach eine Knotenlinie an der Mündung des Golfes bzw. einen raschen Wechsel der Flutstundenlinien um 6 Stunden erwarten, während für die ganztägigen

[24]) S. Defant, Untersuchungen ..., a. a. O., S. 8.

Gezeiten im Verlauf der Flutstundenlinien keine Änderung erfolgen dürfte, sondern allein die Amplituden nach dem Innern des Golfes zu ein wenig ansteigen müßten.

Tabelle III.

Die eintägige Gezeit.

Ht = Phase in Stunden des entsprechenden Gestirns, bezogen auf Greenwich.

φ	30° S		5° S	
	Ht	A	Ht	A
W 42°	0.9	2.09	.	.
40	0.9	2.09	.	.
38	0.9	2.07	.	.
36	0.9	2.04	.	.
34	1.0	2.00	.	.
32	1.0	1.94	0.7	0.82
30	1.0	1.88	0.8	0.80
28	1.1	1.81	0.8	0.78
26	1.1	1.72	0.9	0.75
24	1.1	1.63	1.0	0.70
22	1.2	1.52	1.1	0.68
20	1.2	1.42	1.2	0.64
18	1.2	1.30	1.2	0.59
16	1.3	1.17	1.3	0.54
14	1.3	1.03	1.4	0.48
12	1.4	0.91	1.6	0.42
10	1.5	0.77	1.7	0.36
8	1.6	0.62	2.0	0.30
6	1.8	0.46	2.3	0.23
4	2.1	0.33	2.8	0.16
2	3.1	0.18	4.3	0.10
0	7.1	0.09	7.2	0.09
2	11.2	0.18	10.4	0.10
4	12.1	0.33	11.6	0.16
6	12.5	0.46	12.2	0.23
8	12.6	0.62	12.5	0.30
10	12.8	0.77	12.7	0.36
12	12.9	0.91	12.9	0.42
14	12.9	1.03	13.0	0.48
16	13.0	1.17	13.1	0.54
18	13.0	1.30	13.2	0.59
20	13.1	1.42	13.3	0.64
22	13.1	1.52	13.4	0.68
24	13.1	1.63	13.5	0.70
26	13.2	1.72	13.6	0.75
28	13.2	1.81	13.6	0.78
30	13.2	1.88	13.7	0.80
32	13.3	1.94	13.8	0.82
34	13.3	2.00	.	.
36	13.3	2.04	.	.
38	13.3	2.07	.	.
40	13.4	2.09	.	.
E 42	13.4	2.09	.	.

b) Das Arabische Meer weist bis zur Breite von Sokotra eine Länge von 1388 km auf. Die Mündungstiefe beträgt 4400 m. Auch hier läßt sich die Formel für die halbparabolische konkave Beckenform zugrunde legen. Die Periode der freien Schwingung, $Tf = 4.8$ Stunden, ist hier offenbar ohne Einfluß auf beide Formen der Gezeitenbewegungen.

c) Der Mozambique-Kanal endlich ist nach der von Defant[25]) gegebenen Methode der schrittweisen Integration einmal von Norden nach Süden, das andere Mal in umgekehrter Richtung für die Halbtagstide durchgerechnet worden. Die Anordnung der Schnitte nebst einer

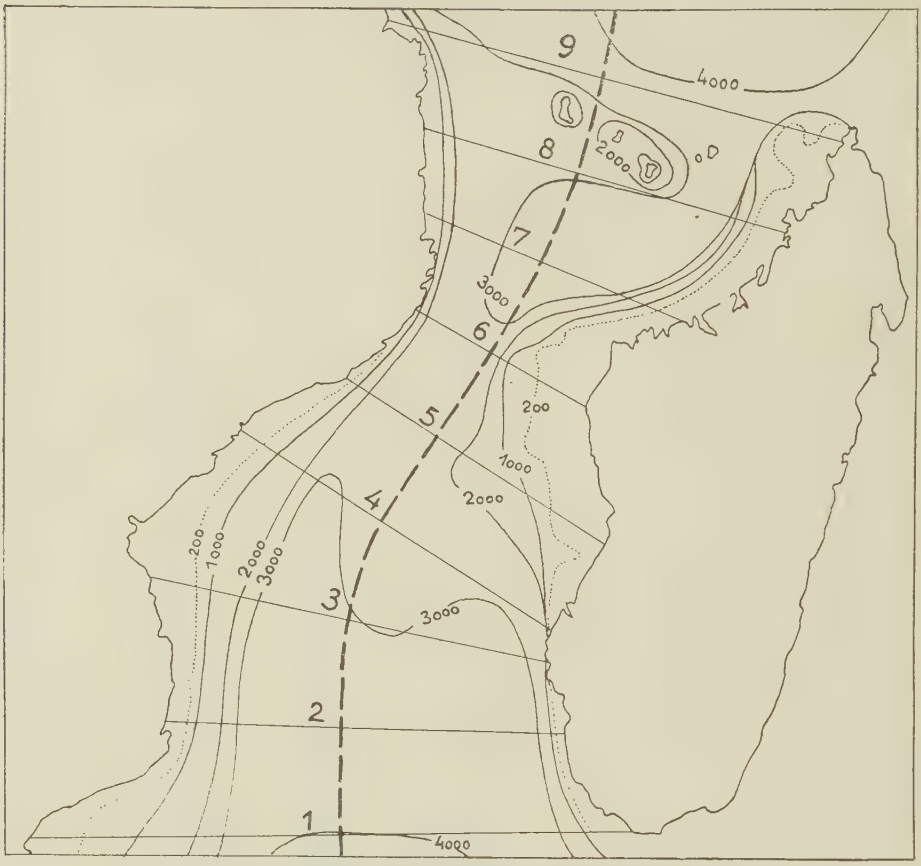

Abb. 11. Lage der Schnitte und Verteilung der Tiefen (nach Schott) im Mozambique-Kanal.

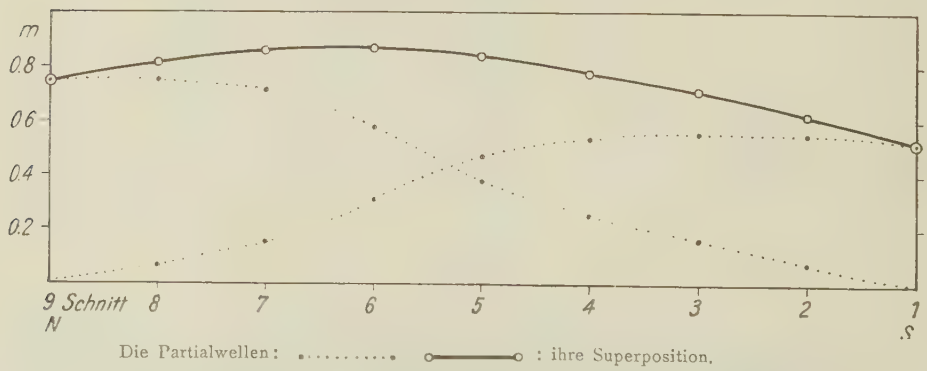

Abb. 12. Die halbtägige Gezeit im Mozambique-Kanal.

[25]) Defant, Untersuchungen ..., a. a. O., S. 51.

Verteilung der Tiefen nach Schott[26]) findet sich in Abb. 11. Die Superposition beider Schwingungen, bei der eine Phasenverschiebung nicht anzubringen ist, ergibt ein Anwachsen der Amplituden von beiden Seiten aus nach der Mitte hin (vgl. Abb. 12) ohne Veränderung in den Epochen. Die im ganzen Kanal verstärkte Amplitude erklärt sich als gleichförmiges Mitschwingen mit der von Norden und Süden fast gleichzeitig eindringenden Welle, die ja im Küstengebiet bereits ihre maximalen Beträge erreicht. Die Werte für die horizontalen Verschiebungen wie für die Amplituden längs der neun durch den Mozambique-Kanal gelegten Schnitte sind in Tabelle IV niedergelegt worden.

Tabelle IV.

Der Mozambique-Kanal.

Schnitt	v	S	q		ξ		η		A
			$N \to S$	$S \to N$	$N \to S$	$S \to N$	$N \to S$	$S \to N$	
1	.	2.85	10.00	—2.14	—3.5145	+0.7533	0.0	—75.0	75.0
2	20.72	1.76	9.79	1.39	—5.5537	—0.8275	—6.3	—75.0	81.4
3	17.38	1.39	9.18	4.28	—6.6255	—3.0874	—14.9	—71.1	86.0
4	11.09	0.53	8.36	5.89	—15.9250	—11.2200	—30.4	—56.6	87.0
5	12.42	0.95	6.79	7.22	—7.1627	—7.6240	—46.5	—37.8	84.3
6	16.45	1.73	4.10	8.40	—2.3753	—4.8696	—52.9	—25.0	78.0
7	19.08	2.22	0.71	9.31	—0.3209	—4.1845	—55.0	—16.2	71.2
8	18.49	2.28	—2.61	9.81	+1.1467	—4.3106	—54.4	—7.5	61.9
9	22.32	3.06	—6.51	10.00	+2.1317	—3.2727	—52.0	0.0	52.0
	$\times 10^{10}$	$\times 10^{9}$							

4. Zusammenfügung der Ergebnisse aus den theoretischen Erwägungen. Fassen wir zunächst die bisherigen Befunde zusammen, so können wir folgendes sagen:

1. Für die Halbtagsgezeit ist zu erwarten:

a) eine Nord-Süd-Schwingung, die vielleicht vorwiegend durch die Gezeiten im Südmeer angeregt sein dürfte. Sie dürfte eine ostwestlich verlaufende Knotenlinie aufweisen;

b) eine Ost-West-Schwingung, bewirkt durch die fluterzeugenden Kräfte, mit zwei ungefähr nordsüdlichen Knotenlinien, welche gegen Norden einander zustreben;

c) eine Knotenlinie vor dem Golf von Bengalen und eine Schaukelbewegung der Wassermassen darin.

2. Für die ganztägige Gezeit ist zu erwarten:

a) eine Nord-Süd-Schwingung, vielleicht ebenfalls vorwiegend angeregt durch die Gezeit im Südmeer, mit ebenfalls einer Knotenlinie in Ost-West-Richtung;

b) eine Ost-West-Schwingung, verursacht durch die fluterzeugende Kraft, mit einer nordsüdlich verlaufenden Knotenlinie in der Mitte.

Natürlich treten diese Schwingungen nicht einzeln für sich auf, sondern sie durchdringen einander, werden sich gegenseitig beeinflussen, und außerdem

[26]) Schott, Tiefenkarte, l. c.

wird noch die ablenkende Kraft der Erdrotation mitwirken, das schließliche Bild der Gezeiten zu formen.

Um eine Vorstellung davon zu haben, wie die Überlagerung der fast orthogonal zueinander stehenden Wellen vor sich gehen mag, erinnern wir uns des in Abb. 3 (s. S. 8) wiedergegebenen, von Harris errechneten Schemas für einen einfachen Fall. Der Schnitt zweier Knotenlinien liefert bei ihm — wie überdies auch bei v. Sterneck, der ja schließlich auf der gleichen Grundlage, der Schwingungsgleichung in ihrer einfachsten Form, aufbaut — eine Amphidromie.

Nun haben wir bei der Halbtagstide eine Nord-Süd-Schwingung als möglich erkannt, deren Knotenlinie wir in der Höhe des Chagos-Archipels (etwa 7° S) vermutet haben. Wir haben ferner für den Ozean südlich des Äquators, zumindest noch in 5° S, eine Ost-West-Schwingung mit zwei Knotenlinien als wahrscheinlich erkannt. Und wir dürfen nun vermuten, daß in den beiden Schnittpunkten der Knotenlinien zwei Amphidromien vorhanden sein werden. Wir haben weiterhin gesehen, wie nördlich des Äquators die Ost-West-Schwingung sich umgestaltet zu einer solchen mit nur einer Knotenlinie (vgl. Abb. 9, 5° N). In diesem Gebiet, etwa der Zone des Äquators, ist die Periode der freien Schwingung im Verhältnis zu jener der fluterzeugenden Kraft von einer Resonanz weit entfernt. Dies haben wir bereits oben angedeutet gefunden. Man kann daher annehmen, daß aus diesem Grunde und infolge der beiden Amphidromien eine Ost-West-Schwingung mit irgendwelchen Knotenlinien im nördlichen Teil nicht mehr zur Ausbildung kommt. Hinzu mag der Einfluß des vorspringenden Zipfels von Indien einschließlich Ceylons, das bis 6° N reicht, kommen. Auf diese Weise wollen wir den Befund, daß für den Kanal in 5° N die Beobachtung mit der Rechnung nicht übereinstimmt, erklären. Je weiter wir aber nach Süden gehen, um so mehr nähern sich freie und erzwungene Schwingung einem Resonanzpunkt. Nehmen wir an, daß im Gebiet südlich der Amphidromien die Ost-West-Schwingung mit zwei Knotenlinien dominiert, etwa so, wie Abb. 9 sie für die Kanäle in 20° S und 30° S wiedergibt, so müßte eine Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung vorhanden sein. Dies ist auch, wie wir gesehen haben, der Fall. Und damit gewinnt die Annahme an Wahrscheinlichkeit.

Was nun den Drehsinn der Amphidromien anlangt, so kann man für beide eine Rechtsdrehung vermuten, wenn man sich die ablenkende Kraft der Erdrotation als wirksam beteiligt denkt. Denn diese bewirkt auf der Südhemisphäre eine Rechtsdrehung, und es ist zu erwarten, daß ihr Einfluß in einem Meer von der Ausdehnung des Indischen Ozeans zur Geltung kommt. Geht man mit Harris, so hat man zwei Möglichkeiten: Ist die Ost-West-Schwingung der nordsüdlichen in der Phase voraus, so hat man für beide Amphidromien auf eine Rechtsdrehung zu schließen, im anderen Falle aber auf eine Linksdrehung. In beiden Fällen jedoch ist der Drehsinn beider Amphidromien der gleiche. Folgt man indessen der Konstruktion von v. Sterneck, so muß der Drehsinn der Amphidromien immer einander entgegengesetzt sein. Die Durchsicht der Beobachtungen ergibt nun für beide Amphidromien eine Rechtsdrehung, da die Phasenkonstanten von Somaliland über Indien bis Sumatra und weiter fast stetig wachsen. Das schließt den Fall v. Sternecks aus. Ob die Rechtsdrehung der Amphidromien durch die Wirkung der Rotationskraft der Erde oder durch Fall 1 des Harrisschen Theorems zu erklären ist, läßt sich nicht entscheiden, weil den

Beobachtungen nicht zu entnehmen ist, welche der beiden Schwingungen, die Nord-Süd- oder die Ost-West-Schwingung, der andern an Phase voraus ist. Möglich jedoch ist, daß beide Faktoren gemeinsam wirken.

Für die eintägigen Gezeiten findet sich der Fall, daß eine meridionale und eine zonale Welle mit je einer Knotenlinie einander überlagern. Dies führt zur Ausbildung nur einer Amphidromie. Den Beobachtungen ist leicht zu entnehmen, daß sie linksdrehend sein muß, womit in diesem Falle die meridionale Welle der zonalen in der Phase voraus sein dürfte. Nun ist bereits oben bemerkt worden, daß den Beobachtungen zufolge eine Brücke minimaler Amplituden sich von Madagaskar über Ceylon bis zur NW-Spitze Sumatras zu erstrecken scheint. Während das Schema von Harris, wie aus Abb. 3 ersichtlich, eine ziemlich weitläufige Fächerung der Flutstundenlinien erwarten läßt, scheinen sie hier dermaßen zusammengedrängt zu sein, daß nahezu eine Knotenlinie in diagonaler Richtung zur Erscheinung kommt. Was mag diese Zusammendrängung bewirken? Der einfache Fall, daß die beiden orthogonalen Wellen in gleicher Phase schwingen und sich somit eine diagonale Knotenlinie einstellt, muß ausgeschaltet werden, weil es hierbei nicht zu einer Amphidromie kommen würde, die aber durch die Beobachtungen gefordert wird. Wir wissen indessen aus der Theorie der Gezeiten in kleinen Buchten und Kanälen, daß die Coriolis-Kraft auf der Südhalbkugel einer stehenden Welle eine Rechtskomponente verleiht, derart, daß eine rechtsdrehende Amphidromie erzeugt wird. Da der größte Teil des Indischen Ozeans südlich des Äquators liegt, so ist es vorstellbar, daß die Coriolis-Kraft den Wassermassen der meridionalen wie auch der zonalen Welle eine Komponente verleiht, die vorwiegend so wirkt, daß für jede Welle eine zusätzliche Bewegung im Uhrzeigersinne erzeugt wird. Nehmen wir an, die Überlagerung beider Wellen ergäbe zunächst eine Amphidromie, die wie im Schema von Harris eine lose Fächerung der Flutstundenlinien aufweisen und linksdrehend sein möge. Dann ist es möglich, daß eine durch die ablenkende Kraft der Erdrotation verursachte, überwiegend Rechtsdrehung bewirkende Komponente den Fächer der Flutstundenlinien so weit zusammenschiebt, bis diese nahezu eine Knotenlinie bilden.

Diese Deutung ist natürlich nur eine Mutmaßung. Die Zusammendrängung kann vielleicht auch eine Folge der Konfiguration und der Größe des Phasenunterschieds beider Wellen sein. Dies ist jedoch rechnerisch kaum nachprüfbar, weil die Voraussetzungen hierzu fehlen. Es ist aber auf jeden Fall zu erwarten, daß die Rotationskraft der Erde zur Geltung kommt, womit die obige Annahme an Wahrscheinlichkeit gewinnt.

Die gefundene Erscheinung erklärt indessen etwas anderes, nämlich, weshalb nur die Phasenzeiten im Westen des Kanals in 5° S und im Osten desjenigen in 30° S eine Übereinstimmung zwischen der Rechnung und der Beobachtung liefern. Die Flutstundenlinien liegen offenbar alle in einer Richtung, die von Südwesten nach Nordosten verläuft. Daraus folgt notwendig, daß bei den ostwestlich verlaufenden Kanälen, für die lediglich eine durch die Gezeitenkräfte bewirkte Ost-West-Schwingung zu berechnen versucht worden ist, die Ergebnisse der Rechnung für den nordöstlichen und für den südwestlichen Teil nicht mit den Beobachtungen übereinstimmen können.

B. Die Gezeiten nach den Beobachtungen.

Unter Verwendung der oben dargestellten theoretischen Erwartungen, welche das heranziehen, was, für ausgedehnte Meere zu benutzen, die Gezeitenforschung heute gestattet, sind die Flutstundenlinien und die Amplituden für jede Tide nach den harmonischen Konstanten (die Phasen bezogen auf Greenwich) gezeichnet und in den Tafeln II—XVII dargelegt.

1. Die halbtägigen Gezeiten.

Die M_2-Tide, Phasen und Amplituden, Tafel II, III.

Auf den Tafeln der die Halbtagsgezeiten im wesentlichen repräsentierenden M_2-Tide springen vier Erscheinungen sofort in die Augen: erstens zwei Amphidromien im nördlichen Gebiet, zweitens ein im nördlichen Teil hiervon zu erkennendes Fortschreiten der Phasenkonstanten von Westen nach Osten, drittens die Abriegelung des Golfes von Bengalen durch eine fast zur Knotenlinie zusammengedrängte Schar von sechs Flutstundenlinien und viertens als markantester Teil zwei etwa nordsüdlich verlaufende Scharen dichtgedrängter Flutstundenlinien, die von den Amphidromien bis zur Antarktis führen.

Entsprechend verteilen sich die Amplituden. Sie gliedern sich in zwei schmale Zungen minimaler Erhebungen, welche die beiden Amphidromien umfassen (man lege Tafel II und III übereinander) und in nordsüdlichem Verlauf sich längs der beiden Knotenlinien des ostwestlich schwingenden Systems erstrecken, wobei die östliche bis an den Golf von Bengalen heranreicht. Das zentrale Gebiet weist in der Form einer nordsüdlich liegenden Ellipse ein Maximum auf. Im Westen und Osten steigen die Amplituden gegen die Küste zu wieder stark an. Im Westen werden im Kanal von Mozambique die höchsten Werte erreicht, was mit den hierfür angestellten Berechnungen in Einklang steht. Im Osten aber steigen die Linien gleicher Amplituden von der SW-Spitze Australiens und der NW-Spitze Sumatras, die beide noch in das Gebiet des Minimums fallen, gegen Nordosten zunächst gleichmäßig an, um an der N-Küste Australiens plötzlich über mehr als 150 cm anzuwachsen. Diese letzte Erscheinung hat übrigens bereits Harris beobachtet und erklärt. Schiebt man nämlich eine bestimmte Wassermasse durch den vertikalen Querschnitt, welcher die Timor-See vom Indischen Ozean trennt, so muß der Kontinuität zufolge die Erhebung der Wassermasse in dem breiten, flachen Schelfgebiet vor Australien höher ausfallen als auf der nördlichen Seite, welcher der außerordentlich tiefe Java-Graben vorgelagert ist.

Auf den Gang der Flutstundenlinien wirken sich die beiden letztgenannten Erscheinungen offenbar nicht aus. Die Phasenkonstanten lassen jedenfalls nichts Derartiges erkennen. Und die von der Insel Timor ab nach Osten erfolgende Drängung der Flutstundenlinien, welche schon v. d. Stok[27]) festgestellt hat, hängt mit der Verengung der See zu einer Straße und mit dem Übergang der Welle des Indischen Systems zu dem des Pazifischen Ozeans zusammen.

Die beiden Knotenlinien in meridionaler Richtung lassen sich mit Hinblick auf die Stationen von Réunion (328°; 14.4 cm), Mauritius (268°;

[27]) Mededeelingen en Verhand. Kgl. Nederl. Meteorol. Instituut Nr. 102, Utrecht 1910.

13.2 cm), Tamatave (316°; 20.5 cm) einerseits, den Kerguelen — Betsy-Cove (229°; 43.6 cm), Observatory-Bay (184°; 49 cm!) —, Mary-Land[28]) (200°; 23 cm), Cape Denison (47°; 28 cm) und an der SW-Ecke Australiens mit Albany (103°; 4.8 cm) und Fremantle (54°; 4.8 cm) andererseits zeichnen. Die Amplituden bei den Kerguelen bedeuten zweifellos ein Maximum (und sie entsprechen auch nahezu denen, welche für die gleiche Länge in einem längs des 30. Breitenparallels südlicher Breite sich erstreckenden schmalen Kanal errechnet worden sind) derart, daß sich hier die Existenz eines Schwingungsbauches in diesem Gebiet rechtfertigen läßt. Diese Tatsache macht die Annahme einer Amphidromie auf den Kerguelen, wie v. Sterneck sie gezeichnet hat, unhaltbar. Zwar scheint der Unterschied in den Phasenkonstanten zwischen der Observatory-Bay (184°) und Betsy-Cove (229°) für v. Sternecks Ansicht zu sprechen; aber es ist leicht einzusehen, daß ein Irrtum in der Bestimmung der Phasen eher möglich ist als ein solcher in der Errechnung der Amplituden. Diese ergeben für beide Stationen fast den gleichen großen Wert, und zwar, wie bereits bemerkt, ein Maximum, während im Zentrum einer Amphidromie die Amplitude im Gegenteil verschwinden müßte. Berücksichtigt man die Beobachtungsdauer, die für Observatory-Bay 29 Tage, für Betsy-Cove jedoch 75 Tage betragen hat (vgl. Tabelle I), so ist der Beobachtung auf Betsy-Cove mehr Wahrscheinlichkeit zuzuerkennen als der anderen. Dieser Wert, der zwischen 7 und 8 Mondstunden liegt, stimmt auch ausgezeichnet mit jenem überein, welcher für den Kanal in 30° S-Breite errechnet worden ist. Zudem wird dieser Standpunkt durch die beiden Beobachtungen in der Antarktis — Mary-Land (200°) und Cape Denison (47°) — gestützt, welche es verlangen, daß sich zwischen ihnen die Flutstundenlinien von 2^h bis 6^h (Mondstunden) drängen, zwischen Mary-Land und Kerguelen aber nur noch die von 7^h liegen kann. Es scheint aber so, als sei für das Gebiet von Cape Denison wiederum eine, wenn man so sagen darf, sekundäre Zone maximaler Amplituden vorhanden. Denn, folgt man der antarktischen Küste weiter nach Osten, so findet man im Roß-Meer wieder kleine Amplituden (5.0; 6.1; 4.9 cm). (Diese Stationen sind, da zum Pazifik gehörig, hier nicht weiter aufgeführt.)

Nehmen wir für das Gebiet zwischen Cape Denison und Australien ein Maximum an, ein zweites im Gebiet der Kerguelen, so muß dazwischen ein solches kleinster Amplituden liegen. Daher scheint es wohl berechtigt, die von der östlichen Amphidromie ausgehenden sechs Flutstundenlinien als enge Schar bis zur Antarktis zu führen. Im Bereich des Südmeeres aber sind sie ihrer Unsicherheit wegen gestrichelt worden, ebenso wie jene der westlichen Knotenlinie. In welchem Maße die Flutstundenlinien hier aneinandergedrängt werden, also ob es zur Ausbildung ausgesprochener Knotenlinien kommt oder nicht, diese Frage erscheint hier weniger wesentlich, weil sie auf die Frage führt, ob das die Antarktis ringförmig umspülende Südmeer mehr den Charakter einer fortschreitenden oder eher den einer stehenden Welle hat[29]). Als weit wichtiger wird hier angesehen, daß es aus-

[28]) Die Konstanten auf Mary-Land entstammen den Beobachtungen der Winterstation der „Gauß". Da die Wassermasse mit Eis bedeckt gewesen ist, so ist mit einer Verspätung in der Phase und einer Verkleinerung der Amplitude zu rechnen.

[29]) Beide Fälle sind mit Hilfe der Airyschen Kanaltheorie durchgerechnet worden, das eine Mal mit Annahme vollständiger Reflexion am Grahamland, das andere Mal als voll durchlaufend. Beide Versuche lieferten unbefriedigende Ergebnisse. Fruchtbarer erscheint, den Fall mit der Bedingung zu behandeln, daß ein Teil der Welle am Grahamland reflektiert wird, ein anderer aber ungehindert durchläuft. Dies ist aber, wie oben bemerkt, einer gesonderten Untersuchung vorzubehalten.

geschlossen erscheint, auf den Kerguelen eine Amphidromie festlegen zu können, und daß bis zu 40° S (von Norden an gerechnet) zwei nordsüdliche Streifen ziemlich dicht gedrängter Flutstundenlinien, welche wie immer der Kürze halber als „Knotenlinien" bezeichnet werden, existieren. Hierbei läuft die westliche der beiden Knotenlinien östlich von Madagaskar in der Gegend der Inseln Mauritius und Réunion, die östliche dicht an der Westküste Australiens vorbei. Ebenso liegen auch die Minima der Amplituden. Da die südlichen und südöstlichen Stationen Afrikas sowie die westlichen von Madagaskar eine Phase größer als 30° aufweisen, so ist die westlichste Flutstundenlinie der westlichen Schar 1^h. Die östlichste dieser Schar muß aus obigen Befunden die 8^h-Linie sein. Somit umfaßt die Schar der Flutstundenlinien sechs Isorrhachien, was der Vorstellung der Knotenlinie entspricht. Ähnliches trifft auch auf die östliche Schar zu, welche die Flutstundenlinien von 2^h bis 7^h umfaßt. Das Gebiet des Schwingungsbauches hat demnach, den obigen Feststellungen entsprechend, die Phasenzeit 7^h bis 8^h.

Folgen wir der afrikanischen Küste von Süden nach Norden, so finden wir in den Buchten von Lorenzo Marquez und Beira eine geringe Verspätung. Dieses Gebiet wird von der 2^h-Linie eingeschlossen. Weiterhin nach Norden und längs der NW-Küste Madagaskars betragen die Phasen weniger als 30°, während sie im Golf von Aden größer als 120° sind, um dann an den Küsten des Arabischen Meeres auf mehr als 150° anzuwachsen. Wir haben hier in das Gebiet zwischen Madagaskar und dem Arabischen Meer eine Amphidromie gezeichnet, die wir in den oben dargelegten theoretischen Grundlagen als möglich erachtet haben. Man sieht, wie die Welle, die durch die Amphidromie quasi eine fortschreitende wird und um den Punkt der Amphidromie herumläuft, zum Teil in den Mozambique-Kanal einschwenkt — auf welche Weise das Bild, das wir für diesen berechnet haben, verifiziert wird — und zum andern Teil um die Bucht des Arabischen Meeres herumläuft, wobei sich die Flutstundenlinien zunächst bis zum Golf von Aden ziemlich zusammendrängen, um für den größten Teil dieses Randmeeres eine recht ausgeprägte Homochronie freizugeben. In den tiefen Buchten des Persischen Golfes und der Indusmündung herrscht Flutverspätung, der durch die 6^h-Linie Rechnung getragen worden ist. Auf Grund der Beobachtungen auf den südindischen Stationen und den Malediven sind die 6^h- und 7^h-Linien zur Amphidromie hin gezeichnet worden, womit das Gebiet des fast den größten Teil des Indischen Ozeans beherrschenden Schwingungsbauches auch nach Norden hin abgegrenzt ist. Selbstverständlich ist das Zentrum der Amphidromie nicht genau auf den Punkt zu fixieren, auf den wir es gelegt haben. Wir können nur sagen, daß sie ungefähr in diesem Gebiet existieren muß.

Auch auf der östlichen Seite des Indischen Ozeans folgen die Flutstundenlinien in zwangloser Weise den Beobachtungen und geben dabei das Bild wieder, das wir uns bei den theoretischen Überlegungen schon ungefähr entworfen haben. Im Innern des Golfes von Bengalen beträgt die Phase etwa 90°, an der S-Küste Ceylons 257°. An der E-Küste Ceylons, zwischen Galle und Tricomalee, springt die Phase von 257° auf 79°. Ebenso rasch geht die Änderung der Epoche an der W-Küste Sumatras vor sich, wo auf engem Raume von der N-Spitze bis um drei Breitengrade nach Süden die Phase von 95° auf 330° übergeht. Läßt man die 9^h- und die 10^h-Linien der Flutstunden weit nach Osten ausholen, so liefern die sechs dicht gedrängten Isorrhachien, welche den Golf von Bengalen abschließen, das Bild einer Knotenlinie. Dieser Darstellung entsprechend steigen dann auch die Ampli-

tuden von einem Streifen kleinster Beträge vor dem Golf nach dem Innern zu stetig bis auf über 70 cm an. An der N-Spitze Ceylons, zwischen Tricomalee und Pamban, springt die Phase von 79° auf 249° über. Hier führen durch die Palkstraße nach Indien wiederum sechs Flutstundenlinien, und zwar die von 3^h bis 8^h, welche von Osten nach Westen fortschreiten. Auch diese tragen zur Abriegelung des Golfes von Bengalen bei. Da Ceylon von den beiden Scharen von je sechs Flutstundenlinien in linksdrehendem Sinne umlaufen wird, so kann von einer auf der Insel liegenden Amphidromie gesprochen werden.

Bis zur S-Spitze Sumatras wächst alsdann die Phase nur noch bis 5° an. Die östliche Amphidromie ist ungefähr in die Breite dieses Punktes gelegt worden, um den Verlauf der Isorrhachien ohne Zwang zeichnen zu können.

Indessen erfahren die Lagen der Amphidromien noch eine gewisse Stütze, wenn man die Hafenzeiten, welche in den Gezeitentafeln (herausgegeben vom Oberkommando der Kriegsmarine 1938) veröffentlicht sind, heranzieht. Diese enthalten mancherlei Beobachtungen auf Inseln, von welchen Gezeitenkonstanten nicht existieren (vgl. Tafel X). Allerdings darf man sich über den Wert der Hafenzeiten nicht täuschen. Sie beruhen meist auf recht sporadischen Beobachtungen, mitunter nur auf ein oder zwei, was auch in der argen Streuung dieser Werte um die der Konstanten zum Ausdruck kommt. Auch die Springverspätung ist nicht bekannt. Infolge ihrer großen Zahl haben sie aber doch gewissen Wert, und sie lassen eine Abschätzung über den Verlauf der Flutstundenlinien zu.

In Tafel X a sind die der Hafenzeit entsprechenden Phasenkonstanten $\frac{1}{2}(M_2 + S_2)$ durch Ziffern neben Punkten und die Hafenzeiten der Gezeitentafeln für die nicht durch harmonische Konstanten belegten Stationen durch Ziffern neben Kreuzen gekennzeichnet worden. Die letzteren sind gewonnen, indem für die Bezugsorte die Hafenzeit den harmonischen Konstanten $\frac{1}{2}(M_2 + S_2)$ entnommen und der Phasenunterschied gegen den Anschlußort unter Berücksichtigung der Abweichung seines Ortsmeridians gegen den Zeitmeridian hinzugefügt worden ist. Auch diese sind schließlich auf Greenwich reduziert worden. Auf Grund dieser Daten ist Tafel X b gezeichnet. Man sieht eine fast genaue Übereinstimmung mit Tafel II, und das zeigt also, wie gut sich die Hafenzeiten in das bereits gewonnene Bild einfügen. Besonders die Lage der Amphidromien scheint durch die vielen Stationen bei der westlichen und durch die Kokos-Inseln bei der östlichen recht gut begründet zu sein. Das ist offenbar eine wertvolle Stütze für die gewählten Zentren. Insbesondere sei aber auf die Hafenzeiten der Inseln St. Paul und Neu-Amsterdam hingewiesen, welche die hier vertretene, von v. Sterneck abweichende Auffassung über die Gezeitenbewegung im südlichen Teil des Indischen Ozeans zu bestätigen scheinen. Das gleiche gilt auch von den Malediven, von denen die nördlichen zwar, wie zu erwarten, etwas streuen, im Mittel aber einen Wert zwischen 8^h und 9^h liefern. Was die Kerguelen anlangt, so sieht man, daß von einer irgendeinem Drehsinn folgenden Anordnung der gestreuten Werte keine Rede sein kann. Ihr Mittelwert liegt nahe bei 9^h, ebenfalls dem Bild entsprechend, und im übrigen ist die Möglichkeit einer Amphidromie durch das dort beobachtete Maximum der Amplituden, wie oben bemerkt, ausgeschlossen.

Die S_2-, N_2-, K_2-Tide.

Tafeln IV bis IX zeigen den Verlauf der Flutstundenlinien und der Linien gleicher Amplituden für die S_2-, N_2- und K_2-Tiden. Das Bild ist bei

allen das gleiche wie das der M_2-Tide und zeigt, daß die Halbtagsgezeiten einen geschlossenen Aufbau haben.

2. Die ganztägigen Gezeiten.

Die K_1-Tide, Phasen und Amplituden, Tafel XI, XII.

In den Tafeln XI und XII findet man die Verteilung der Phasen und Amplituden der K_1-Tide dargestellt. Man bemerkt eine Amphidromie, die etwa im Zentrum des Indischen Ozeans liegt, und die linksdrehend ist. Die 0^h-Linie verläuft dabei von der Amphidromie zur N-Spitze Madagaskars, die 10^h-Linie zur S-Spitze und von dort in der Verlängerung ihrer Richtungen bis zur Küste Afrikas. Der östliche Zweig schickt die 22^h-Linie zur S-Spitze Indiens und die 12^h-Linie nach Sumatra. Die Isorrhachien sind also auf einen ziemlich schmalen Streifen konzentriert und laufen fächerförmig auseinander. Entsprechend weisen die Amplituden längs dieses Streifens etwa ein Minimum auf. Sie steigen nach Nordwesten in den Arabischen Golf hinein wieder stark an und ebenfalls auf der anderen Seite nach Osten bzw. Südosten einerseits in die Timor-See und andererseits bis zu jenem Gebiet, welches zwischen Australien und der Antarktis liegt. In dem nördlich der Amphidromie gelegenen Gebiet herrscht nahezu Isochronie mit einer Änderung, welche in ihrer Folge dem Drehsinn der Amphidromie entspricht. Beiderseits von Madagaskar steigt die Epoche von 0^h auf 10^h an.

Aber längs der südlich von dieser Linie befindlichen Küste Afrikas bemerken wir wieder eine rückläufige Änderung der Phasen. Diese Erscheinung, zusammen mit den Phasenkonstanten der Kerguelen und von Mary-Land, läßt eine rechtsdrehende Amphidromie als erforderlich erscheinen, welche irgendwo zwischen den Kerguelen und Südafrika liegen muß. Zudem ist dieser Bereich mit verschwindend kleinen Amplituden ausgezeichnet. An den Küsten des östlichen Zweiges unserer Amphidromie nehmen die Epochen von 330° an der S-Spitze Indiens über den Golf von Bengalen bis nach Nias kontinuierlich bis auf 180° ab. Von hier ab herrscht wieder Isochronie bis in die Timor-See hinein und bis nach Fremantle. Man hat, insbesondere im Zusammenhang mit den Amplituden, den Eindruck, als existiere eine Schwingung im westlichen Gebiet der Amphidromie derart, daß ihr westlicher Zweig eine Knotenlinie bildet mit einem Schwingungsbauch bei Belutschistan, und als bilde der östliche Zweig der Amphidromie als Knotenlinie mit dem Wellenberg in der Timor-See und im Gebiet südwestlich von Australien ein zweites Schwingungssystem.

Diese zentrale, den Indischen Ozean beherrschende Amphidromie gibt ein relativ einfaches Bild. Indessen scheinen die Verhältnisse komplizierter zu sein, wendet man sich dem südlichen Teil des Ozeans zu. Wir haben hier zwei Amphidromien gezeichnet, die eine auf die Crozet-Inseln gelegt, die andere etwa an die S-Spitze Neuseelands. Alle Isorrhachien, die nördlich der Crozet-Inseln liegen, haben wir gestrichelt, um damit darzutun, daß ihr Verlauf wenig gesichert erscheint. Die Darstellungen sind begründet durch folgende Überlegungen: Phasen und Amplituden der Beobachtungen bei und um Neuseeland ergeben unmittelbar eine rechtsdrehende Amphidromie. Für ihre Konstruktion sind auch alle die zahlreichen Stationen Neuseelands, Ostaustraliens und der Antarktis herangezogen worden, die hier nicht aufgenommen worden sind, da sie schon ganz im Pazifischen Ozean liegen. Die Amplituden weisen ein ausgesprochenes Minimum auf, während die

Phasen sich nach allen Richtungen in eindeutigem Drehsinn verteilen. Andererseits zeigen nun die Beobachtungen von Cape Denison und Mary-Land ein Fortschreiten der Epochen längs der antarktischen Küste von Osten nach Westen, diejenigen von Fremantle, Albany, den Kerguelen und Mary-Land ein Anwachsen von Norden nach Süden, während die SE-Küste Afrikas eine Änderung der Phasen von Süden nach Norden ergibt. Daraus ergibt sich deutlich eine Drehung der Flutstunden um ein Zentrum, das zwischen den Kerguelen und der S-Spitze Afrikas liegen muß. Dies eben genannte Gebiet weist überdies ein Minimum in den Amplituden auf, während, insbesondere durch die Beobachtungen von Cape Denison begründet, der Streifen zwischen Südwestaustralien und der Antarktis ein gut ausgebildetes Maximum umfaßt. Dieser Befund des Vorhandenseins eines Amplitudenmaximums und zweier Stellen, in welchen die Amplituden verschwinden, rechts und links hiervon, liefert das Bild einer stehenden Welle mit einem Bauch und zwei Knotenlinien. Es scheint nun so, daß es sich hier um ein Schwingungssystem des um die Antarktis laufenden Ringes des Südmeeres handelt, in welchem vielleicht eine stehende Welle existieren könnte, die aber derart durch die Rotationskraft wegen der hohen Breite einerseits und durch die anschließenden Meere andererseits beeinflußt ist, daß die Knotenlinien zu Amphidromien aufgelöst werden und der südliche Teil den Eindruck einer fast gleichmäßig von Osten nach Westen fortschreitenden Welle ergibt. Der Abstand zweier Knotenlinien läßt sich aber ungefähr nach der Merianschen Formel angeben. Da die Amphidromie auf Neuseeland eindeutig festliegt, läßt sich die Lage der östlichen leicht bestimmen. Sie fällt etwa in die Nähe der Crozet-Inseln. Wenn wir sie genau auf diesen angeben — ohne damit zu behaupten, daß sie dort liegen m u ß —, so folgen wir dem Prinzip der Kontinuität, demzufolge die Erhebung dort um so kleiner werden muß, wo horizontale Bewegung der Wassermassen infolge der Konfiguration (Verengungen, unterseeische Schwellen, Inseln) vergrößert wird. Da, wie wir jetzt sehen, die Anregung für das nordsüdliche Mitschwingen der Wassermassen des Indischen Ozeans mit dem Südmeer von dem südöstlichen Gebiet des Ozeans aus erfolgt, so kann vielleicht auch darauf das eigenartige Zusammendrängen der Isorrhachien der zentralen Amphidromie zurückgeführt werden.

Die O_1- und P_1-Tide.

Auch die O_1- und P_1-Tide weisen in großen Zügen die gleiche Struktur auf wie die K_1-Tide, so daß wir auch von einer in sich geschlossenen Form der ganztägigen Gezeit sprechen können.

3. Der Typus der Gezeit.

So einfach der Bau des halbtägigen wie des ganztägigen Schwingungssystems auch erscheinen mag, so kann man diese Großzügigkeit von einer Zusammensetzung beider zu der nun tatsächlich in Erscheinung tretenden Gezeit nicht erwarten. Um ein Bild davon zu haben, welchen Anteil jede der beiden Wellen an der Gezeit hat, ist versucht worden, ihren Typus — jenen von v. d. S t o k angegebenen Ausdruck $\frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$ — kartographisch aufzuteilen (vgl. Tafel XVII). Man kann erwarten, daß da, wo die eine Welle ihre Knotenlinie bzw. Amphidromie hat, die zweite aber frei ausschwingt, diese zweite den Typ beherrscht. Dort indessen, wo Knotenlinien

und Amphidromien beider Wellen einander überlappen, könnte eine genaue Aufteilung der Typen Aufschluß geben über das Ineinanderwirken beider Systeme und über die resultierende Gezeit. Das wäre hier z. B. im Gebiet zwischen Kerguelen und Madagaskar oder zwischen Madagaskar und Ceylon der Fall. Aber eine genaue Aufteilung der Typen ist hier wegen allzu knappen Materials nicht möglich, und die 0.25-Linie, die zwischen Madagaskar und Mauritius entlang östlich an den Kerguelen vorbei bis zur Antarktis läuft, ist als äußerst unsicher anzusprechen. Denn es ist nicht anzunehmen, daß das Gebiet der Knotenlinie im System der Halbtagstide von halbtägigem Typus ist, wenn auch die Eintagstide durch ihre Amphidromie auf Crozet fast zum Erlöschen gebracht wird. Wahrscheinlicher ist es, daß diese besagte Linie östlich von den Kerguelen zunächst weiter nach Norden vorstößt, um dann, das Gebiet des Schwingungsbauches der zwölfstündigen Welle umschließend, wieder zur Antarktis zurückzukehren, und daß, in etwa 40° E von der Antarktis ausgehend, eine zweite 0.25-Linie auf Madagaskar zu läuft. Aber da einer Mutmaßung nicht nachgegangen werden kann, ist die Linie so gezeichnet worden, wie in Tafel XVII ersichtlich.

Die Eintagstide tritt nur an einer Stelle hervor, dem Gebiet zwischen Australien und der Antarktis, wo ihre Amplituden, wie bereits bemerkt, besonders ansteigen. Die Halbtagstide beherrscht den Golf von Bengalen, in dessen Innern sich ja ein Schwingungsbauch befindet, die NW-Küste Australiens und den Bereich um Südafrika und die Kerguelen — alles Gebiete, in denen die Amplituden der Halbtagstide besonders hervorgetreten sind. Alle anderen Gebiete sind gemischten Typs. Wie unsicher ihre Grenzen sind, ist bereits oben betont worden. Zwar sind sie besonders einer Analyse wert; aber das Material reicht nicht hin, um eine solche durchzuführen.

Vergleich der Ergebnisse mit denen von Harris und v. Sterneck und Zusammenfassung.

Vergleicht man nunmehr die Darstellungen von Harris und v. Sterneck mit den hier erfolgten, so sieht man, daß in den dort gegebenen Bildern bereits wesentliche Züge vorhanden sind, die auch hier zum Ausdruck kommen. So hat Harris schon in seinem Nord- und Südindischen System der Halbtagsgezeiten die beiden ungefähr nordsüdlich verlaufenden Knotenlinien. Und es ist auch bei ihm schon die Andeutung der meridionalen Welle in dem indischen Zweig des Atlantischen Systems vorhanden. Da Harris sich aber auf die selbständige Existenz der Systeme festgelegt hat und für das zentrale Gebiet keine passende Schwingung findet, zieht er erstens die ostwestlich verlaufende Knotenlinie nicht durch und verbindet zweitens die je zwei Stücke der nordsüdlichen nicht untereinander. Hätte er dies getan, so hätte er sofort das von uns dargelegte Schema im wesentlichen gehabt. v. Sterneck aber geht darüber hinaus, indem er für das nordsüdliche System zwei Knotenlinien ansetzt. Er tut dies auf Grund seiner Theorie, die ja zunächst formal mathematisch ist, ohne in diesem Fall die physikalischen Ursachen der nördlichen Schwingung zu bedenken. Auf diese Weise erhält v. Sterneck die nicht mehr haltbare Amphidromie auf den Kerguelen. Mit dem Fall dieser fällt aber auch die zweite südlich von ihr angenommene Amphidromie, die ja nur eine kon-

struktive Folge der ersten ist. v. Sterneck hat sozusagen die östlich von den Kerguelen existierenden Epochen um 180° gedreht, die er noch einmal um 180° drehen muß, will er sie wieder richtig zur Küste führen. Streichen wir aber diese südliche in EW-Richtung verlaufende Knotenlinie bei v. Sterneck, so finden wir wiederum in dem so erhaltenen Schema unser Schema vor. Damit gibt unser Schema quasi einen Mittelweg an zwischen dem von Harris und dem von v. Sterneck. Was Harris zuwenig getan hat, hat v. Sterneck zuviel gegeben. Das spricht auch für die Wahrscheinlichkeit unserer Auffassung. Was die Einzelheiten anlangt, so sei nur bemerkt, daß die Lage der Amphidromien in vorliegendem Bild mit größerer Sorgfalt ausgewählt worden ist, indem nicht nur bedeutend mehr Phasenkonstanten — die gegenüber den Hafenzeiten, welche v. Sterneck benutzt hat, den Vorzug verdienen —, sondern auch noch alle hinzugehörigen Amplituden Verwendung gefunden haben, denen dann noch die später hinzugezogenen übrigen Hafenzeiten eine Stütze und eine Verfeinerung gegeben haben.

Für die ganztägige Gezeit hat Harris nur das Schema entworfen. Dieses enthält eine ostwestliche Schwingung mit einer nordsüdlichen Knotenlinie in der Mitte. Auch diese haben wir bestätigen können und ihr im wesentlichen nur noch die nordsüdliche Mitschwingungszeit hinzugefügt. Mit v. Sterneck jedoch finden wir bereits eine recht weitgehende Übereinstimmung. Die zentrale Amphidromie liegt ungefähr an der gleichen Stelle. Ebenfalls ist die Amphidromie bei Neuseeland vorhanden, wenn auch am N-Ende der Insel. Lediglich die Amphidromie der Crozet-Inseln fehlt bei v. Sterneck. Das mag indessen wohl seinen Grund darin haben, daß v. Sterneck nicht über genügend Beobachtungen verfügt hat. Längs der gesamten ostafrikanischen Küste hat v. Sterneck nicht einen Wert, so daß er auch nicht das Anwachsen der Epochen von Port Elizabeth bis zur Höhe von Madagaskar hat feststellen können. Ebenso fehlt ihm jede Phasenkonstante in der Antarktis. Mit dem Mangel an Beobachtungsmaterial erklärt sich auch, weshalb die Isorrhachien der zentralen Amphidromie bei v. Sterneck stärker gefächert sind als bei uns.

Man darf also sagen, daß im Vergleich mit den Karten von Harris und v. Sterneck unsere Darstellungen an Wahrscheinlichkeit gewinnen, und daß sie wohl den Unterschied zwischen ihren Auffassungen erklären.

Wenn man die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit für die halbtägige Gezeit denen gegenüberstellt, die Proudman und Doodson in der oben zitierten Arbeit erzielt haben, und von den Darstellungen diejenige herausgreift, die die kleinste von Doodson berechnete Tiefe betrifft (etwa 5 km), so fällt auf den ersten Blick eine gewisse Ähnlichkeit auf. Man darf diesen Vergleich natürlich nur mit größter Vorsicht ziehen, da der Unterschied der Tiefen — 5 km gegen eine ungefähre mittlere Tiefe des Indischen Ozeans von 4 km — beträchtlich ist, und da die Grenzbedingungen völlig verschieden voneinander sind. Indessen bemerkt man in der Abb. 13 der Proudman-Doodsonschen Arbeit, die die Gezeiten im nordöstlichen Quadranten einer die Halbkugel bedeckenden Wasserschicht wiedergibt, daß der Mittelmeridian, welcher durch die Flutstundenlinie von 0° gekennzeichnet ist, gleichzeitig eine Linie maximaler Amplituden, also eines Schwingungsbauches, ist, so daß längs dieser Linie eine feste Wand als Begrenzung existieren könnte. Wir haben mithin eine um 90° geöffnete Bucht vor uns, welche ein Achtel der Erdkugel umfaßt, und deren Mündung offen ist. In zwar kleinerem, aber, sehr roh genommen, doch fast gleichem

Maße hat der Indische Ozean dieselben Dimensionen. Bei Proudman-Doodson existieren zwei das Bild beherrschende Amphidromien, die keine Flutstundenlinie gemeinsam haben, und die — der Nordhalbkugel entsprechend — linksdrehend sind. Die Linien gleicher Phasen laufen südlich der Amphidromien in Richtung auf die Mündung der Bucht zu, nördlich von ihnen bewegen sie sich auf die feste Begrenzung hin. Im südlichen Gebiet befinden sich zwischen den zu jeder der beiden Amphidromien gehörenden Flutstundenlinien sowie im Osten und im Westen hiervon die Gebiete der Amplitudenmaxima. Dies sind nun auch die charakteristischen Züge der halbtägigen Gezeit im Indischen Ozean, mit dem Unterschied natürlich, daß hier, entsprechend der südlichen Lage, beide Amphidromien rechtsdrehend sind. Diese Ähnlichkeit der charakteristischen Merkmale allein aber wollten wir hervorheben, um — cum granum salis — auch in der rein theoretischen Lösung Proudmans eine gewisse Stütze für unsere theoretisch nur abschätzenden und empirischen Ergebnisse zu sehen.

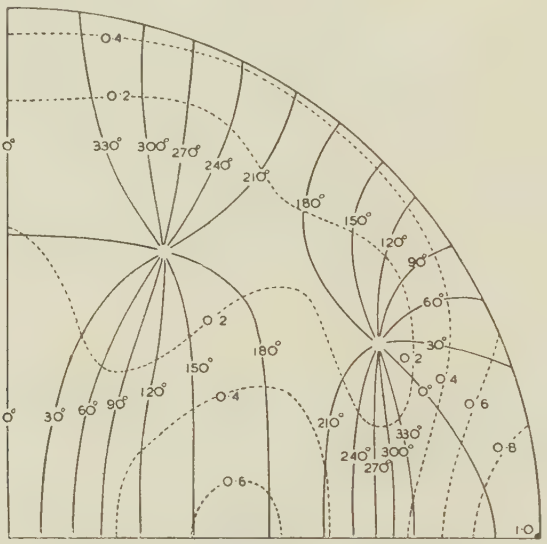

Abb. 13. Proudman-Doodson: Die halbtägige Gezeit in einem von einem vollständigen Meridian begrenzten Meere konst. Tiefe (h $\sim$ 5 km).

Fassen wir noch einmal kurz zusammen, so finden wir für beide Tiden als charakteristisch eine ostwestliche Schwingung, welche der Einwirkung der fluterzeugenden Kräfte folgt, und eine nordsüdliche, welche vielleicht vorwiegend eine mit dem Südmeer mitschwingende Gezeit ist. Hinzu kommen die Gezeitenbewegungen der Wassermassen in diesem Südmeer. Alle drei Schwingungssysteme ergeben in ihren Superpositionen die Bilder, die wir gewonnen haben. Zu dieser Darstellung haben wir einerseits alle theoretischen Überlegungen herangezogen, welche für einen Ozean uns verwertbar erscheinen, und andererseits uns auf alle derzeit vorhandenen harmonischen Konstanten, Phasen wie Amplituden, gestützt. Wir können feststellen, daß die gewonnenen Bilder — bis auf ganz wenige Ausnahmen — allen Beobachtungen vollständig gerecht werden. Es besteht also die Wahrscheinlichkeit, daß die gezeichneten Linien in ihren wesentlichen Zügen kaum einen anderen Verlauf haben werden, und daß sie dadurch auch der Wirklichkeit recht nahekommen dürften.

Tabelle I.

Die harmonischen Konstanten.

Nr.	Ort	φ	λ	Harmonische Konstanten													
				M_2		S_2		N_2		K_2		K_1		O_1		P	
				$\varepsilon°$	Acm	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	
																	Afri
1	Djibouti, Côte des Somalis	11° 35′ N	43° 08′ E	134	53.3	153	22.8	128	14.0	153	6.0	347	40.6	352	20.4	347	
2	Berbera	10 26	45 01	138	47.5	157	20.1	131	13.1	157	5.5	349	45.7	356	19.2	349	
3	Obbia, Somalia ...	5 20	48 30	21	42.7	65	37.2	357	5.8	68	7.2	3	32.8	353	11.2	2	
4	Mogadiscio, Somalia	2 10	45 22	27	62.4	68	30.7	.	.	68	7.7	359	17.6	351	9.5	359	
5	Chisimaio, Somalia	0 22 S	42 33	25	72.7	67	40.6	.	.	67	10.9	358	18.7	341	11.3	358	
6	Sansibar	6 10	39 11	23	118.6	62	57.0	4	22.9	65	15.2	359	18.9	1	11.0	359	
7	Daressalam	6 49	39 19	24	107.4	66	53.6	1	19.1	58	14.4	357	17.1	1	10.6	268	
8	Baira, Mozambique	19 50	34 50	67	171.5	111	97.4	52	26.5	111	26.9	31	1.2	331	5.0	354	
9	Lorenzo Marquez, Mozambique	25 58	32 34	65	93.7	104	53.4	54	15.4	101	14.6	173	4.1	332	2.6	193	
10	Durban	29 52	31 03	44	54.9	76	30.9	38	10.8	75	9.0	145	5.1	299	1.5	142	
11	East London	33 02	27 54	41	46.6	78	27.1	56	11.3	78	7.3	147	6.7	275	2.1	147	
12	Port Elizabeth ...	33 58	25 37	46	53.6	77	25.3	.	.	77	7.0	120	4.9	254	1.5	120	
13	Simons Bay	34 12	18 26	37	47.1	51	19.6	24	10.5	53	5.5	116	5.8	229	1.6	108	
14	Cape Town	33 54	18 25	8	48.6	51	20.5	345	10.5	53	7.5	109	5.4	225	1.6	96	
																	Madag
15	Diego Suarez	12 17	49 18	12	64.0	56	29.0	12	11.0	56	8.0	6	12.0	14	8.0	6	
16	Baie du Courrier .	12 14	49 10	18	87.0	58	39.0	.	.	58	14.0	352	16.0	0	11.0	352	
17	Helleville	13 24	48 17	24	113.7	71	53.8	24	22.0	71	14.7	3	14.2	9	8.1	3	
18	Majunga	15 44	46 19	26	125.0	74	65.0	26	24.2	74	18.0	10	14.0	10	7.0	10	
19	Nosy-Maroantaly ..	18 25	43 56	45	117.0	80	65.0	45	22.6	80	18.0	42	5.0	20	5.0	42	
20	Tullear	23 21	43 40	55	79.0	100	43.0	45	17.0	100	14.0	67	6.0	67	2.0	349	
21	Tamatave	18 09	49 26	316	20.5	315	9.5	307	5.8	307	2.3	30	2.5	15	4.1	52	

Typus der Gezeit	Beobachtungsdauer	Bemerkungen	Pegel	Quelle	Bl.-Nr. in „Special Publication No. 26" Monaco
0.80	April–Mai 1899, 15 d	.	Lattenpegel	Annales Hydrographiques 1903	2015
0.96	Febr.-März 1936, 29 d	.	Lattenpegel	Hydrographic Dept. Admirality, London	2123
0.55	Nov. 1911, 15 d	.	Prov. Schreibpegel	Annali Idrografici, Vol. VIII. Istituto Idr. R. M. Genova	2020
0.29	.	.	—	Prof. M. Tenani, Maree e Correnti di Marea, Genova 1935	2129
0.27	Juni–Juli 1926, 15 + 15 d	Pegel am äußersten Ende der englischen Mole	Registr. Pegel	Tenani, Istituto Idr. R. M. Genova	2020
0.17	Mai-Okt. 1925: 6 Mon., Nov. 1926: 1 Mon., Sept. 1927: 1 Mon.	.	—	Zanzibar Government. Analysis: Liverpool Obs. & Tidal Inst.	22
0.17	Oktober 1929–30, 1 Jahr	.	Registr. Pegel dicht am Pier	Marine Department, Tanganyika Territory. Konst.: Liverp. Obs. & Tid. Inst.	78
0.02	Mai 1924–25, 1 Jahr	MW über PN —3.74 m, Max. 7.30, Min. 0.27 m	Registr. Pegel am Landungskai	Missao Hidrografica da Beira 1924–29	83
0.05	1932, 369 d	MW über PN —3.59 m, Max. 3.70, Min. 0.17 m	Registr. Pegel am Quai Gorjao	Missao Hidr. da Colonia de Mozambique	82
0.08	1926–27, 1 Jahr	.	Registr. Pegel	Hydrogr. Departm., Admirality London. Anal.: Liverp. Obs. & Tid. Inst.	21
0.12	11.–25. Juli 1935, 15 d	.	Lattenpegel	South African Hydrographic Service	2123
0.08	1886, 1 Monat	.	—	W. H. Finlay, M. A. Pamphlet of approximate tidal constants 1887	2003
0.11	Juli 1908–09, 1 Jahr	.	Registr. Pegel am W-Pier des Docks	Edward Roberts & Son, Hydr. Dept., Adm., London	20
0.10	1888–89, 369 d	.	Registr. Pegel	U. S. Coast and Geodetic Survey	65
a r					
0.21	April–Mai 1900, 1 Monat	.	Lattenpegel	Annales Hydrographiques Vol. 1908–09 & 1910	2014
0.21	21. November bis 12. Dezember 1905	.	Lattenpegel	Annales Hydrogr. 1908	2014
0.13	Mai 1899, 14 + 14 d	.	Lattenpegel	Annales Hydrogr. 1906	2014
0.11	Aug. 1891, 1 Mon.	.	Lattenpegel	Service Hydrogr. de la Marine, Paris	2014
0.05	Okt. 1903, 1 Mon.	.	Lattenpegel	Annales Hydrogr. 1906	2014
0.07	Juni 1907, 1 Mon.	.	Lattenpegel	Annales Hydrographiques 1908–09 & 1910	114
0.22	1933, 1 Jahr	.	—	—	91

Nr.	Ort	φ	λ	Harmonische Konstanten															
				M_2		S_2		N_2		K_2		K_1		O_1		P			
				ε°	A cm	ε°	A	ε°	A	ε°	A	ε°	A	ε°	A	ε°			
	Inseln im westlichen Indischen Oze																		
22	Mayotte, Komoren	12° 47′ S	45° 16′ E	31	113.0	73	53.4	31	21.9	73	14.5	4	17.0	16	8.8	4			
23	La Réunion, Pointes des Galets	20 55	55 17	328	14.4	326	6.9	328	2.8	326	1.9	104	5.4	48	2.7	104			
24	Port Louis, Mauritius	20 09	57 29	268	13.2	271	10.1	277	4.2	268	4.2	64	7.4	41	4.3	75			
25	Minicoy, Malediven	8 17 N	73 03	183	26.3	234	10.7	155	5.3	230	2.9	338	21.0	346	10.2	336			
26	Ihavandu, Malediven	6 57	72 55	189	23.5	233	22.6	162	6.1	232	6.1	74	15.5	322	9.1	7			
	Antarktis und Inse																		
27	Betsy Cove, Kerguelen	49 09 S	70 12	229	43.6	272	24.5	190	7.2	269	7.0	219	4.4	222	6.6	217			
28	Observatory Bay, Kerguelen	49 25	69 53	184	49	230	29	169	9	214	8	145	6	70	2	335			
29	Queen Mary Land, Gauß-Station ...	66 02	89 38	200	23.0	282	12.0	158	5.9	269	3.5	277	19.4	270	20.8	258			
30	Cape Denison, Adelie Land, Antarktis .	67 00	142 40	47	28.0	102	13.4	31	6.7	.	.	220	30.7	200	29.9	.			
31	Macquarie Island ..	54 31	158 58	55	27.5	84	8.2	36	6.9	.	.	234	8.6	210	8.1	201			
32	Ile Campbell	52 33	169 09	65	39.9	65	11.2	65	7.7	65	3.0	175	4.5	170	1.8	175			
33	Auckland Island ..	50 52	166 05	36	36.0	51	10.7	23	6.6	48	3.1	234	2.8	248	5.7	232			
34	Bluff, Neu-Seeland	46 36	168 20	59	87.1	73	15.3	40	19.9	70	4.1	308	1.8	265	3.4	297			
	Australi																		
35	Melbourne	37 51	144 54	139	24.6	234	3.1	135	2.8	242	0.9	347	9.0	310	6.6	344			
36	Port Phillip	38 18	144 37	38	44.2	162	12.7	2	8.5	154	2.9	282	14.2	261	9.5	270			
37	Adelaide	34 51	138 30	203	51.8	264	51.2	329	2.7	261	14.0	273	25.3	253	15.9	277			
38	Albany, Princess Royal Harbour ..	35 02	117 53	103	4.8	106	8.0	141	2.0	102	2.3	212	19.0	194	12.7	214			

Typus der Gezeit	Beobachtungsdauer	Bemerkungen	Pegel	Quelle	Bl.-Nr. in „Special Publication No. 26" Monaco
Komoren, Réunion, Mauritius, Malediven)					
0.16	23. März bis 13. April 1900	.	Lattenpegel	Annales Hydrogr. 1903	2014
0.38	Sept.–Okt. 1900, 4 Wochen	.	Lattenpegel	Service Hydrogr. de la Marine, Paris	2013
0.50	1838–39, 1 Jahr	.	—	Proceedings of the Royal Society of London, Vol. 39, 1865	24
0.84	1891–95, 5 Jahre	MW über PN 5.216 ft., Max. +5.8, Min. —0.2 feet	Registr. Pegel südlich des Dorfes	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	136
0.53	7.–21. Nov. 1928, 15 d	.	Lattenpegel	Hydrogr. Dept., Admirality London	2003
n südlichen Indischen Ozean					
0.15	Nov. 1874 bis Jan. 18 75, 74 d	.	Registr. Pegel	C. Börgen „Gazelle" 1874–76, 2. Tl. S. 117, Bln. 1888	2034
0.10	30. August bis 26. Sept. 1902, 28–29 d	.	—	Leverkinck, Deutsche Südpolarexp. 1902	2035
1.15	Gauß-Winterstation 1902, 162½ d	.	—	Anal.: U. S. Coast and Geodetic Survey	548
1.50	3. Juni bis 9. September 1912	.	—	Australian Antarctic Exp., Anal.: Liverp. Obs. & Tid. Inst.	2009
0.47	August 1912 bis Mai 1913	.	Autom. Pegel	Australian Antarctic Exp., Anal.: Liverp. Obs. & Tid. Inst.	2009
0.12	Oktober bis Dezember 1874, 45 d	.	Lattenpegel	Annales Hydrogr. 1901	2018
0.18	20. Januar bis 22. Februar 1875, 34 d	.	Registr. Pegel	C. Börgen „Gazelle" 1874–76, 2. Tl. S. 196, Bln. 1888	2035
0.05	1918–22, 5 Jahre	.	—	Surveyor General for New Zealand	53
0.56	Mai 1894, 29 d	Abgeleitet aus Hoch- und Niedrigwasser	—	Anal.: U. S. Coast and Geodetic Survey	61
0.42	1931, 1 Jahr	.	Registr. Pegel	Dept. of public Works, Melbourne. Anal.: Liverp. Obs. & Tid. Inst.	168
0.40	1889, 1893, 2 Jahre	.	Pegel am Government dockyard	R. W. Chapman M. A. and Capt. Inglis, Austral. Assoc. Report, V.	42
2.48	1876–77, 1 Jahr	.	Pegel dicht am Viadukt	Proceed. of the Roy. Soc. of London, Vol. 71, 1902. Anal.: Wright	41

Nr.	Ort	φ	λ	Harmonische Konstanten													
				M_2		S_2		N_2		K_2		K_1		O_1		P	
				$\varepsilon°$	A cm	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	
	(Noch: Australien)																
39	Fremantle	32° 03′ S	115° 45′E	54	4.8	60	4.4	108	1.3	56	1.7	184	19.4	175	11.3	181	
40	Port Hedland	20 18	118 35	78	174.9	139	105.7	53	31.3	138	29.8	175	24.9	163	14.9	170	
41	Red Bluff	17 02	122 19	80	189.9	135	133.2	60	20.4	135	36.0	171	20.4	138	19.2	171	
42	Karrakatta Bay ..	16 22	123 02	104	224.0	161	128.3	85	37.5	160	34.7	190	24.1	171	18.6	190	
43	Baudin Island	14 08	125 36	67	172.8	126	108.8	42	23.8	125	29.3	180	30.8	179	20.4	180	
44	Napier Broome Bay	13 56	126 35	37	63.1	120	47.9	49	14.0	119	12.8	200	38.7	182	29.6	201	
45	Lacrosse Island ...	14 45	128 21	284	174.7	328	75.9	268	31.7	328	20.4	206	54.0	192	34.7	206	
46	Port Darwin	12 28	130 51	242	199.9	291	104.9	219	31.7	302	31.1	205	58.2	282	34.7	230	
				Sunda-Inseln													
47	Koepang, Timor ..	10 10	123 34	70	46	131	26	55	10	131	7	190	16	204	10	271	
48	Sendikeri B., Soemba	9 46	119 37	47	89	103	52	8	10	103	14	165	22	153	15	165	
49	Telok Slavi, Komodo	8 36	119 31	82	69	133	30	51	13	133	11	202	21	170	17	202	
50	Sape B., Soembawa	8 34	119 02	116	49	158	18	.	.	158	7	168	20	158	20	168	
51	Waworada B., Soembawa	8 42	118 49	56	81	118	45	.	.	118	18	174	24	156	17	174	
52	Ampenan, Lombok	8 34	116 04	76	16	83	19	63	5	69	5	210	32	218	15	220	
53	Laboean Tring B., Lombok	8 43	116 03	91	27	92	16	71	3	92	11	171	35	160	23	171	
54	Laboean Po, Lombok	8 45	115 53	68	24	114	22	.	.	114	7	171	36	164	18	171	
55	Teloek Padang, Bali	8 32	115 30	84	34	112	17	.	.	112	6	183	32	157	17	183	
56	Sanoer, Bali	8 41	115 30	59	57	108	14	33	10	37	6	208	38	151	20	196	

Typus der Gezeit	Beobachtungsdauer	Bemerkungen	Pegel	Quelle	Bl.-Nr. in „Special Publication No. 26" Monaco
3.34	1873–74, 1 Jahr	Spätere Beobachtungen sind vorhanden von T. Cooke 1908–10 und von H. Curlewis 1911–12, veröffentlicht in Journ. Roy. Soc. W. Aust. I. 1914–15. Diese Konst. aber nicht reell, weil Pegelbrunnen versandet: die Ampl. syst. kleiner als die von 1873–74, die Phasen zeigen große unregelmäßige Differenzen	—	Proceed. of the Roy. Soc. Ldn., Vol. 39, 1885. Anal.: E. Roberts	40
0.14	1927, 1 Jahr	.	Registr. Pegel	Government of Western Australia. Anal.: Liverp. Obs.	39
0.12	Juni–Juli 1910, 29 d	.	Lattenpegel	Hydr. Dept., Admiral. Ldn., Anal.: Liverp. Obs.	2007
0.12	Juni–Juli 1909, 29 d	.	Lattenpegel	Hydr. Dept., Admiral. Ldn., Anal.: Liverp. Obs.	2006
0.18	Mai–Juni 1891, 29 d	.	Lattenpegel	Hydr. Dept., Admiral. Ldn., Anal.: Liverp. Obs.	2006
0.62	Juni 1921, 15 d	.	Lattenpegel	Royal Austral. Navy, Anal.: Liverp. Obs.	2006
0.35	Juni–Juli 1889, 29 d	.	Lattenpegel	Hydr. Dept., Admiral. Ldn., Anal.: Liverp. Obs.	2006
0.30	1896, 1 Jahr	.	—	R. W. Chapman & A. Inglis; Australian Association Report IX, 1902	38
n d a m a n e n					
1.36	1894–1902, 8 Jahre	Beobachtungen um 9^h, 14^h, 18^h	Lattenpegel, prov. nahe Kampoeng K.	Kon. Met. Magn. Obs. Batavia	2069
1.26	Sept.–Okt. 1907, 55 d	Stündl. Beobachtungen	Lattenpegel, prov. in S. Bay	Afd. Hydrographie Ministerie van Marine 's Gravenhage	2069
1.38	April–Juni 1907, 55 d	Stündl. Beobachtungen	Lattenpegel	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2068
1.59	Nov. 1904, 29 d	Stündl. Beobachtungen	Lattenpegel nahe Kampoeng Sapé	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2067
1.33	Mai–Juni 1906, 29 d	Stündl. Beobachtungen	Lattenpegel in W. Bay	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2067
1.34	1898–1900, 2 Jahre	Beobachtungen um 9^h, 14^h, 18^h	Lattenpegel, prov. nahe Pier	Kon. Met. Magn. Obs. Batavia	2067
1.35	April–Juni 1903, 55 d	Stündl. Beobachtungen	Lattenpegel, prov. nahe Kg. L. T.	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2067
1.17	29 d	.	—	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2081
1.96	Nov.–Dez. 1906, 29 d	Stündl. Beobachtungen	Lattenpegel in T.-P.-Bay	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2066
1.82	(Febr.–März 1907?) 55 d	.	Lattenpegel, prov., Küste nahe Kampoeng S	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2066

Nr.	Ort	φ	λ	Harmonische Konstanten												
				M_2		S_2		N_2		K_2		K_1		O_1		
				$\varepsilon°$	A cm	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$
	(Noch: Sunda-Inseln und Andamanen)															
57	Benoa, Bali	8° 45′ S	115° 13′ E	55	71	115	33	.	.	115	10	181	25	165	12	181
58	Banjoewangi, Java	8 12	114 24	63	49	120	24	38	11	89	8	175	24	151	13	170
59	Tjilatjap, Java ...	7 44	109 00	31	50	93	25	6	10	93	7	170	19	159	12	165
60	Genteng B., Java	7 24	106 24	17	37	82	19	354	7	82	5	144	12	136	7	144
61	Laboehan, Java ..	6 22	105 49	3	35	76	12	.	.	76	4	154	13	121	11	154
62	Java's 4de Punt, Java	6 04	105 53	358	24	68	12	338	4	85	2	120	7	110	3	89
63	Merak (Poeloe-merak), Java	5 56	105 49	2	16	70	11	.	.	70	4	66	11	228	3	66
64	Laboean Bangkai, Sumatra	5 54	105 30	7	29	82	16	.	.	82	7	165	12	131	4	165
65	Teloekbetoeng (Lampong B.), Sumatra	5 27	105 15	11	32	51	14	341	6	35	5	164	16	160	8	126
66	Kota Agoeng (Semangka B.), Sumatra	5 30	104 25	5	32	36	15	.	.	36	6	180	15	178	10	180
67	Benkoelen, Sumatra	3 47	102 15	355	32	32	14	.	.	32	5	178	11	162	10	178
68	Emma Haven (Pedang), Sumatra ..	0 58	100 20	337	36	18	14	323	8	18	4	176	13	165	8	177
69	Ajerbangis, Sumatra	0 12 N	99 23	322	27	17	15	198	5	359	4	169	15	147	5	118
70	Natal, Sumatra ...	0 33	99 06	336	28	10	13	314	5	16	3	175	11	155	7	160
71	Sibolga (Tapanoeli B.), Sumatra	1 45	98 46	329	13	13	13	352	2	35	7	163	10	200	4	201
72	Baroes, Sumatra ..	2 01	98 21	330	25	3	16	325	5	12	4	183	12	148	6	171
73	Singkel, Sumatra .	2 17	97 48	345	22	17	12	335	4	26	3	185	10	156	5	166
74	Tapa Toean, Sumatra	3 15	97 10	351	18	43	8	.	.	43	2	198	10	196	7	199
75	Meulaboh, Sumatra	4 08	96 08	1	9	29	9	16	2	61	2	216	6	156	4	213
76	Tjalang, Sumatra .	4 35	95 32	21	14	55	10	.	.	55	3	176	8	226	5	176
77	Poeloe Raja, Sumatra	4 51	95 24	12	4	358	5	—	0	—	0	214	8	86	2	359

Typus der Gezeit	Beobachtungsdauer	Bemerkungen	Pegel	Quelle	Bl.-Nr. in „Special Publication No. 26" Monaco
0.36	29 d		—	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2081
0.51	1895–1900, 5 Jahre	Beobachtungen um 9^h, 14^h, 18^h	Lattenpegel, prov. Küste nahe B.	Kon. Met. Magn. Obs. Batavia	2066
0.41	1889–92, 3 Jahre (1095 d)		Registr. Pegel nahe der Barre am Eingang des Zeegat von Tj.	Kon. Met. Magn. Obs. Batavia	2062
0.34	Sept.–Okt. 1911, 55 d	Stündl. Beobachtungen	Lattenpegel, prov. Wharf	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2062
0.51	Juli–August 1922, 15 d	Stündl. Beobachtungen	Lattenpegel, prov. nahe Kg. L.-Leuchtturm	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2062
0.28	1892–1902, 10 Jahre	Beobachtungen um 9^h, 14^h, 18^h	Lattenpegel, prov. nahe hook	Kon. Met. Magn. Obs. Batavia	2062
0.52	Oktober 1922, 29 d	Stündl. Beobachtungen	Lattenpegel, Wharf	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2062
0.36	Nov.–Dez. 1922, 29 d	Stündl. Beobachtungen, Typ. gemischt, vorherrschend halbtägig	Lattenpegel, prov. in L. B.-Bay	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2048
0.52	1897–98, 1 Jahr	Beobachtungen um 1^h, 5^h, 9^h, 13^h, 17^h, 21^h, Typ. gemischt, vorherrschend halbtägig	Lattenpegel, prov. nahe Kg. T.	Kon. Met. Magn. Obs. Batavia	2048
0.53	Jan.–Febr. 1920, 29 d	Stündl. Beobachtungen, Typ. gemischt, vorherrschend halbtägig	Lattenpegel, prov. nahe Kg. K. A.	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2048
0.46	August 1918, 29 d	Stündl. Beobachtungen, Typ. gemischt, halbtägig etwas vorherrschend	Lattenpegel, prov. nahe B.	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2048
0.42	1893–95, 2 Jahre (730 d)	Typ. gemischt, vorherrschend halbtägig	Registr. Pegel im Hafen	Afdeeling Hydr. Dep. van Defensie 's Gravenhage	2109
0.48	1891–1900, 9 Jahre (3285 d)	Beobachtungen um 9^h, 14^h, 18^h	Lattenpegel, prov. in A. Bay nahe Kg. A.	Kon. Met. Magn. Obs. Batavia	2049
0.44	1894–98, 4 Jahre (1460 d)	Beobachtungen um 9^h, 14^h, 18^h	Lattenpegel, prov. nahe Natal	Kon. Met. Magn. Obs. Batavia	2049
0.54	1893–1900, 7 Jahre (2555 d)	Beobachtungen um 9^h, 14^h, 18^h	Lattenpegel, prov. nahe Kg. S. in T. Bay	Kon. Met. Magn. Obs. Batavia	2050
0.44	1892–97, 5 Jahre (1825 d)	Beobachtungen um 9^h, 14^h, 18^h	Lattenpegel, prov. nahe B.	Kon. Met. Magn. Obs. Batavia	2050
0.44	1897–1900, 3 Jahre (1095 d)	Beobachtungen um 9^h, 14^h, 18^h	Lattenpegel, prov. am Pier	Kon. Met. Magn. Obs. Batavia	2050
0.65	Januar 1914, 29 d	Stündl. Beobachtungen	Lattenpegel, prov. nahe T. T.	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2050
0.56	1895–98, 3 Jahre	Beobachtungen um 9^h, 14^h, 18^h	Lattenpegel, prov. am Pier	Kon. Met. Magn. Obs. Batavia	2050
0.54	Jan.–Febr. 1924, 29 d	Stündl. Beobachtungen	Lattenpegel, prov. am Pier	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2050
1.11	1894–96, 2 Jahre	Beobachtungen um 9^h, 14^h, 18^h	Lattenpegel, prov. SW-Küste	Kon. Met. Magn. Obs. Batavia	2051

Nr.	Ort	φ	λ	Harmonische Konstanten													
				M_2		S_2		N_2		K_2		K_1		O_1		P_1	
				$\varepsilon°$	Acm	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A
	(Noch: Sunda-Inseln und Andamanen)																
78	Poeloe Roesa, Sumatra	5° 15′ N	95° 15′ E	47	20	102	8	.	.	102	2	252	7	152	5	252	3
79	Olée Lheue, Sumatra	5 33	95 19	95	42	132	17	.	.	132	5	211	11	196	8	211	4
80	Sabang (Poeloe Wé)	5 54	95 20	72	44	112	26	89	7	76	6	209	8	185	5	.	.
81	Sigli, Sumatra	5 23	96 00	83	34	123	24	58	9	136	7	214	9	194	4	.	.
82	Enggano B.	5 28 S	102 22	337	30	42	11	.	.	42	3	157	15	159	9	157	5
83	Sawangtoengko (Str. Sikakap), Pagai I.	2 47	100 14	336	31	11	14	.	.	11	3	154	13	150	8	154	3
84	Moeara Siberoet, Siberoet I.	1 35	99 13	335	30	22	12	.	.	22	3	170	12	147	9	170	4
85	Poeloe Tello, Batoe I.	0 04	98 18	327	24	7	15	314	5	343	2	177	11	152	6	117	4
86	Telok Dalam, Nias I.	0 33 N	97 51	325	22	18	9	.	.	18	2	159	10	162	6	159	1
87	Goenoeng Sitoli, Nias I.	1 18	97 36	317	8	350	18	—	0	203	5	184	5	—	0	—	0
88	Simanari Bay, Nias I.	1 25	97 13	329	20	353	13	339	5	353	1	142	8	159	6	142	3
89	Sinabang B., Simaloer I	2 30	96 23	330	13	35	8	.	.	35	2	184	9	164	5	184	3
90	Port Blair, Andamanen	11 41	92 46	94	61.0	129	29.3	88	12.2	123	7.9	234	12.2	209	4.8	231	4.1
																	Indien (Golf
91	Diamond I., Bassein River, Burma ...	15 52	94 17	92	66.8	125	30.4	85	13.8	120	8.1	246	12.9	230	4.9	241	4.1
92	Akyab, Burma ...	20 08	92 54	92	77.9	122	34.5	85	15.8	121	9.8	250	13.6	243	5.6	252	4.2
93	Shortt Island, India	20 47	87 05	94	91.8	127	42.4	86	19.1	129	12.6	259	11.6	246	4.0	245	4.4
94	Chandbali, India ..	20 47	86 44	157	73.2	197	26.9	158	13.2	196	6.7	292	10.7	278	4.8	296	2.8
95	False Point, India	20 25	86 47	95	68.6	128	30.7	90	13.8	125	8.3	257	12.5	248	5.4	258	4.2

Typus der Gezeit	Beobachtungsdauer	Bemerkungen	Pegel	Quelle	Bl.-Nr. in „Special Publication No. 26" Monaco
0.43	Jan.–Febr. 1924, 29 d	Stündl. Beobachtungen	Lattenpegel, prov. E-Küste	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2051
0.32	April–Mai 1924, 29 d	Stündl. Beobachtungen	Lattenpegel, Wharf	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2043
0.19	1895–97, 2 Jahre	Beobachtungen um 5^h, 14^h, 18^h, Typ. gemischt, vorherrschend halbtägig	Lattenpegel, Wharf	Kon. Met. Magn. Obs. Batavia	2043
0.22	1895–97, 2 Jahre	Beobachtungen um 9^h, 14^h, 18^h	Lattenpegel nahe bei Kampoeng Sigli	Kon. Met. Magn. Obs. Batavia	2043
0.59	April 1919, 15 d	Stündl. Beobachtungen, Typ. gemischt, halbtägig etwas vorherrschend	Lattenpegel, prov. nahe Po. Doea (Eng. B.)	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2048
0.47	August 1917, 29 d	Stündl. Beobachtungen, Typ. gemischt, vorherrschend halbtägig	Lattenpegel, prov. nahe Kamp. Sw. in Str. S.	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2048
0.50	Aug.–Sept. 1915, 29 d	Stündl. Beobachtungen, Typ. gemischt, vorherrschend halbtägig	Lattenpegel, prov. nahe Kg. M. S. in Sib. bang	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2048
0.44	1895–1900, 5 Jahre (1825 d)	Beobachtungen um 9^h, 14h, 18h	Lattenpegel, prov. nahe Kg. P. T. auf Tello In.	Kon. Met. Magn. Obs. Batavia	2049
0.52	Juli–August 1910, 29 d	Stündl. Beobachtungen	Lattenpegel, prov. in T. D.-Bay nahe Kg. T. D.	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2049
0.15	1897–1900, 3 Jahre (1095 d)	Beobachtungen um 9^h, 14^h, 18^h	Lattenpegel, prov. nahe Kg. G. S.	Kon. Met. Magn. Obs. Batavia	2049
0.42	Sept.–Nov. 1910, 55 d	Stündl. Beobachtungen	Lattenpegel, prov. am Pier von Kg. S.	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2049
0.67	Sept.–Nov. 1916, 29 d	Stündl. Beobachtungen	Lattenpegel, prov. nahe Kg. S.	Afd. Hydr. Min. v. Mar. 's Gravenhage	2050
0.19	1880–1920, 41 Jahre	MW — PN = 4.760 feet. Max. +8.10, Min. —0.80 feet	Registr. Pegel auf W.-Seite der Roß-Inseln	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	159
von Bengalen)					
0.18	1895–99, 5 Jahre	MW — PN = 7.243 feet. Max. +11.6 Min. ± ? 0.50 feet		Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	152
0.17	1887–92, 5 Jahre	MW — PN = 7.517 feet. Max. +10.60 Min. —1.90 feet	Registr. Pegel am T.-Kopf des Hafenamt-Eisenpiers	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	151
0.11	1. Mai 1931 bis 4. Mai 1932	Stündl. Beobachtungen, Tag und Nacht	Lattenpegel	Survey of India, Geodetic Report 1933	94
0.15	1. Mai 1931 bis 4. Mai 1932	Stündl. Beobachtungen, Tag und Nacht	Lattenpegel	Survey of India, Geodetic Report 1933	93
0.18	1881–85, 4 Jahre	MW — PN = 7.559 feet. Max. +10.60 Min. ± ? 0.10 feet	Registr. Pegel west. of Travellers Bungalow at Hookey Tollah	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	146

Nr.	Ort	φ	λ	Harmonische Konstanten													
				M_2		S_2		N_2		K_2		K_1		O_1		P_1	
				$\varepsilon°$	Acm	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A
	(Noch: Indien, Golf von Bengalen)																
96	Vizagapatam, India	17° 41′N	83° 17′E	87	44.8	119	19.8	81	9.4	111	5.9	259	10.9	249	4.2	258	3.1
97	Cocanada, India ..	16 56	82 15	88	46.1	121	19.5	80	9.7	119	5.2	257	10.6	251	4.2	261	2.9
98	Madras	13 06	80 18	79	33.2	109	13.9	73	7.4	107	3.6	257	9.1	245	2.9	259	2.9
99	Negapatam, India	10 46	79 51	91	21.6	123	8.2	79	4.8	125	2.6	267	6.7	242	2.7	265	2.4
100	Tricomalee, Ceylon	8 33	81 13	79	17.7	103	6.4	64	4.3	92	2.0	250	6.6	228	2.0	256	2.2
101	Galle, Ceylon	6 02	80 13	257	16.1	294	11.0	246	1.9	295	3.4	298	5.1	356	1.4	302	1.4
102	Colombo, Ceylon ..	6 57	79 51	250	17.6	295	11.9	234	2.2	290	3.3	313	7.3	342	2.9	306	2.2
103	Pamban Pass	9 16	79 12	249	17.8	294	11.3	233	2.5	292	3.4	327	9.0	326	3.5	327	3.4
104	Tuticorin, India ..	8 48	78 09	247	20.2	288	14.3	237	2.5	287	3.9	309	9.1	329	3.6	291	2.3
																	Indien
105	Quilon, India	8 53	76 34	198	21.9	279	11.6	202	5.8	279	3.0	352	18.3	358	4.9	352	5.8
106	Cochin, India	9 58	76 15	179	22.2	236	8.0	150	4.8	230	2.4	336	18.0	342	9.4	334	5.1
107	Beypore, India ...	11 10	75 48	176	28.7	225	10.1	151	6.1	217	2.6	335	21.6	341	10.5	337	6.0
108	Tellicherry, India .	11 45	75 29	161	39.6	266	5.8	304	8.2	266	1.5	349	24.4	313	7.6	349	8.2
109	Cannanore, India .	11 51	75 21	160	38.1	227	9.8	134	8.8	226	2.7	334	18.3	319	9.1	324	6.1
110	Mamgalore, India .	12 52	74 51	163	37.5	199	7.6	129	5.5	198	1.8	334	20.7	342	9.4	334	6.7
111	Karwar, India	14 48	74 06	154	53.1	187	19.0	134	12.5	182	5.3	331	30.6	335	15.1	328	8.4
112	Murmagao, India .	15 25	73 48	152	55.2	184	19.5	134	13.2	175	5.7	332	31.2	335	15.9	330	9.1

Typus der Gezeit	Beobachtungsdauer	Bemerkungen	Pegel	Quelle	Bl.-Nr. in „Special Publication No. 26" Monaco
0.23	1879–85, 6 Jahre	MW — PN = 4.829 feet. Max. 6.70 Min. —1.40 feet	Registr. Pegel westl. „Bandar"-Haus	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	145
0.23	1886–91, 5 Jahre	MW — PN = 5.337 feet. Max. +7.10 Min. —1.30 feet	Registr. Pegel, Hafenamt, Landungs-jetty	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	144
0.25	1895–1920, 26 Jahre	MW — PN = 2.286 feet. Max. +5.5 Min. —1.2 feet	Registr. Pegel am Kopf des Piers	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	143
0.31	1881–88 (außer 1883 u. 1885), 5 Jahre	MW — PN = 1.990 feet. Max. +4.20 Min. —0.90 feet	Registr. Pegel gegenüber Leuchtturm	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	142
0.36	1890–95, 6 Jahre	MW — PN = 1.931 feet. Max. +3.5 Min. +0.7 feet	Registr. Pegel Stone wharf at S.-end o. Naval Dockyard	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	140
0.24	1884–90, 6 Jahre	MW — PN = 2.649 feet. Max. +3.40 Min. —0.90 feet	Registr. Pegel am Kopf des Landungspiers	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	139
0.35	1884–90, 6 Jahre	MW — PN = 2.217 feet. Max. +3.4 Min. —0.7 feet	Registr. Pegel, Prince of Wales Jetty	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	138
0.43	1878–82, 4 Jahre	MW — PN = 2.709 feet. Max. +3.40 Min. —0.50 feet	Registr. Pegel nahe Telegr.-Kabel-Haus	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	141
0.37	1888–93, 5 Jahre	MW — PN = 2.137 feet. Max. +4.20 Min. —0.40 feet	Registr. Pegel, Head of Governm. Jetty	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	137
(Arabisches Meer)					
0.69	14. März bis 11. April 1934, 29 d	.	Lattenpegel	Marine Survey of India, H. M. I. S. „Investigator"	2112
0.91	1886–92, 6 Jahre	MW — PN = 2.364 feet. Max. +4.30 Min. —0.60 feet	Registr. Pegel, Hafenamt-Pier	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	135
0.83	1878–84, 6 Jahre	MW — PN = 5.383 feet. Max. +5.9 Min. —0.6 feet	Registr. Pegel nahe Travellers Bungalow	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	134
0.70	1.–29. Febr. 1932, 29 d	.	Lattenpegel	Marine Survey of India	2124
0.57	1. Febr. bis 2. März 1930 und 10. Okt. bis 7. Nov. 1932, 2 × 29 d	.	Lattenpegel	Marine Survey of India, H. M. I. S. „Investigator"	2112
0.67	Nov. 1929, 29 d	.	Lattenpegel	Marine Survey of India	2085
0.63	1878–83, 5 Jahre	MW — PN = 5.552 feet. Max. +7.9 Min. —1.6 feet	Regitsr. Pegel, Ostseite der Baitcul Cove	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	133
0.63	1884–89, 5 Jahre	MW — PN = 5.520 feet. Max. +7.9 Min. —1.9 feet	Registr. Pegel, Iron Jetty of Harbour Works	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	132

Nr.	Ort	φ	λ	Harmonische Konstanten													
				M_2		S_2		N_2		K_2		K_1		O_1		P_1	
				$\varepsilon°$	A cm	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A	$\varepsilon°$	A
	(Noch: Indien, Arabisches Meer)																
113	Bombay, Apollo Bandar	18° 55′ N	72° 50′ E	185	122.2	218	48.3	169	30.0	192	12.2	333	42.5	336	20.1	330	12.4
114	Bombay, Prince's Dock	18 57	72 51	185	124.1	218	49.0	169	30.4	210	12.1	332	42.5	335	20.0	330	12.3
115	Port Albert Viktor .	20 57	71 32	276	87.4	300	34.2	251	23.7	294	8.1	354	49.5	355	22.3	351	13.9
116	Porbandar, India .	21 38	69 37	154	65.0	185	23.8	136	15.7	184	6.3	333	35.4	336	17.3	333	10.5
117	Okha Point, India .	22 28	69 05	209	114.3	236	35.2	185	25.0	236	9.9	344	43.4	348	21.2	342	12.2
118	Karachi, India ...	24 48	66 58	160	78.2	189	29.2	144	18.7	185	8.2	339	39.9	340	20.1	337	12.0
																	Persien und
119	Little Quoin Island, Persien	26 28	56 33	199	76.8	235	27.4	189	17.1	235	7.3	6	28.7	1	20.4	6	9.5
120	Khor Kawi, Persien	26 22	56 22	207	68.9	241	25.3	186	17.4	241	6.7	18	26.2	19	15.8	18	8.5
121	Maskat, Arabien ..	23 37	58 36	160	63.3	190	23.7	142	16.0	182	6.2	341	38.8	342	20.2	338	12.2
122	Aden, Arabien	12 47	44 59	137	47.5	155	20.6	132	13.2	149	5.7	350	39.7	352	20.1	347	12.3

Typus der Gezeit	Beobachtungsdauer	Bemerkungen	Pegel	Quelle	Bl.-Nr. in „Special Publication No. 26" Monaco
0.37	1878–1920, 43 Jahre	MW — PN = 10.229 feet. Max. +17.7, Min. —1.4 feet. PN Ap. Bd. ist 2.000 feet unter PN Prince's Dock, vgl. Nr. 114	Registr. Pegel	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	130
0.36	1888–1920, 33 Jahre	MW—PN = 8.248 feet. Max. +17.7 Min. —1.4 feet	Registr. Pegel	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	131
0.60	1900–03, 4 Jahre	MW—PN = 9.784 feet. Max. +14.2 Min. —1.9 feet	Lattenpegel, Chanch Creek	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	128
0.59	1900–1901, 2 Jahre	MW—PN = 7.377 feet. Max. +11.1 Min. +0.8 feet	—	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	127
0.43	1874, 1905, 2 Jahre	MW—PN = 9.598 feet. Max. +13.7 Min. —1.3 feet	Pegel am Okha Point	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	126
0.56	1868–1920, 54 Jahre	MW—PN = 7.213 feet. Max. +14.3 Min. —2.1 feet	Registr. Pegel dicht bei Manora Beach	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	123
Arabien.					
0.47	Dez. 1930, 29 d	.	Lattenpegel	Hydrographic Dept. Admirality London	2084
0.45	Febr. 1931, 29 d	.	Lattenpegel	Hydrographic Dept. Admirality London	2084
0.68	1893–97, 5 Jahre	MW—PN = 7.686 feet. Max. +10.1 Min. —1.5 feet	—	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	121
0.88	1879–1920, 42 Jahre	MW—PN = 5.846 feet. Max. +8.5 Min. —1.6 feet	—	Records of the Survey of India, Annual Reports for various years	120

Literaturverzeichnis.

Airy, Tides and Waves, Encycl. Metrop. VI, London 1845.

Darwin, G. H., Nature 1902, Bd. 66.

Defant, A., Untersuchungen über die Gezeitenerscheinungen in Mittel- und Randmeeren, in Buchten und Kanälen. Denkschr. d. Akad. d. Wiss. Wien, Bd. 96, Wien 1919.

Defant, A., Grundlagen einer Theorie der Nordsee. Ann. d. Hydr., Berlin 1923.

Defant, A., Die Gezeiten der Nordsee, Beob. u. Theorie. Ebenda 1923.

Defant, A., Die Gezeiten des Atlantischen Ozeans und des Arktischen Meeres. Ebenda 1924.

Defant, A., Gezeitenprobleme des Meeres in Landnähe. Hamburg 1925.

Defant, A., Dynamische Ozeanographie. Berlin 1929.

Defant, A., Gezeitenströmung. Meteor-Werk Bd. VII, Berlin 1936.

Doodson, A. T., Tides in Oceans Bounded by Meridians, Part III. Ocean Bounded by complete Meridian; semidiurnal Tides. Phil. Trans. A Vol. 237, Nr. 779, S. 311 bis 373, London 1938.

Ferrel, Tidal Researches, U. S. Coast Survey Rep. Washington 1874, Appendix.

Goldsbrough, Proc. Lond. Math. Soc. (2) XIV. 31 (1913) u. XIV. 207 (1914).

Groll, Tiefenkarte der Ozeane, Veröff. d. Inst. f. Meeresk., Neue Folge, Reihe A, Nr. 2, 1912.

Harris, R. A., Manual of Tides. U. S. Coast Surv. Rep. Part IV a u. IV b, Washington 1900 u. 1904.

Krümmel, O., Handbuch der Ozeanographie. Leipzig 1911.

Lamb, H., Lehrbuch der Hydrodynamik. Deutsch von E. Helly. Leipzig 1931.

Poincaré, H., Théorie des Marées. Paris 1910.

Proudman, J., A Special Case of Tidal Motion in a Semicircular Basin. Monthl. Not. of R. A. S. Geoph. Suppl., Vol. 1, Nr. 7.

Proudman, J., Tides in Oceans Bounded by Meridians. Phil. Trans. Roy. Soc. 1936 u. 1937.

Schott, Geographie des Stillen und Indischen Ozeans, Berlin 1935.

Sterneck, R. v., Die Gezeiten der Ozeane. I. u. II. Mitt. Sitz. Ber. d. Akad. d. Wiss. Wien, Math. Nat. Kl., 129. Bd., 2. Heft, u. 130. Bd., 7. u. 8. Heft, Wien 1920 und 1921.

Sterneck, R. v., Die Gezeiten im Atlantischen Ozean. Ann. d. Hydr., Berlin 1926.

Sterneck, R. v., Die Zerlegungs- und die Kanaltheorie der Gezeiten. Ztschr. f. Geophys., 2. Jahrg., Heft 8.

Webster-Szegö, Partielle Differentialgleichungen der Mathematischen Physik. Leipzig 1930.

Whewell, Phil. Trans. Roy. Soc., London 1833, I.

Lebenslauf.

Ich, Guntram Prüfer, wurde am 9. Juli 1906 als Sohn des Ingenieurs Paul Ferdinand Schmidt zu Berlin geboren. In meiner frühen Kindheit übersiedelten wir nach St. Petersburg, wohin mein Vater in die Leitung der Russischen Gas- und Wasserwerke berufen worden war, deren Präsident er beim Ausbruch des Krieges war. Mein Vater wurde 1914 interniert und starb 1917 im Gefangenenlager zu Wjatka.

Ende 1915 gelangte ich im Austauschverfahren über Schweden nach Deutschland und besuchte ab Ostern 1916 die Oberrealschule zur Marburg a. d. Lahn. 1919 heiratete meine Mutter zum zweitenmal, und zwar den Ingenieur Walter Prüfer, der mich später adoptierte. Im September 1926 erhielt ich das Reifezeugnis an der Luisenstädtischen Oberrealschule zu Berlin.

Ich begann ein Studium an der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, das ich jedoch bald wieder aufgeben mußte. Ich wurde von verschiedenen Instituten für die Aufbereitung wissenschaftlichen Materials beschäftigt, so insbesondere von der Deutschen Atlantischen Expedition für das „Meteor"-Werk. Im September 1935 wurde ich beim Oberkommando der Kriegsmarine für die Bearbeitung nautischer und ozeanographischer Aufgaben angestellt, im Dezember 1938 an die Deutsche Seewarte in Hamburg versetzt.

1935 nahm ich das Studium in Ozeanographie, Meteorologie und Mathematik an der Universität Berlin auf. Meine Lehrer waren die Herren Professoren Bartels, Bieberbach, Defant, v. Ficker, Klose, E. Schmidt und Wüst. Ihnen allen, insbesondere aber Herrn Prof. Dr. A. Defant, der mir die Anregung zu meiner Arbeit gab und mir oft mit Rat zur Seite stand, und Herrn Konteradmiral a. D. Dr. F. Conrad, dem Leiter der wissenschaftlichen Gruppe der Nautischen Abteilung beim Oberkommando der Kriegsmarine, der mir ihre Durchführung ermöglicht hat, sei an dieser Stelle noch einmal aufrichtig gedankt.